N° D'ORDRE :
32

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR

(MENTION SCIENCES PHYSIQUES)

DE L'UNIVERSITÉ

PAR

Pierre de la BRETÈQUE

INGÉNIEUR-CHIMISTE

ÉTUDES SUR LE GALLIUM

EN VUE DE SON EXTRACTION
AU COURS DE LA FABRICATION DE L'ALUMINE

Soutenue le 5 juillet 1955 devant la commission d'examen :

MM. L. MARGAILLAN — président
P. ROUARD, A. GUILLEMONAT — examinateurs

Lausanne
Imprimerie Vaudoise
1955

N° D'ORDRE :
32

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR

(MENTION SCIENCES PHYSIQUES)

DE L'UNIVERSITÉ

PAR

Pierre de la BRETÈQUE

INGÉNIEUR-CHIMISTE

ÉTUDES SUR LE GALLIUM

EN VUE DE SON EXTRACTION
AU COURS DE LA FABRICATION DE L'ALUMINE

Soutenue le 5 juillet 1955 devant la commission d'examen :

MM. L. MARGAILLAN — président
P. ROUARD, A. GUILLEMONAT — examinateurs

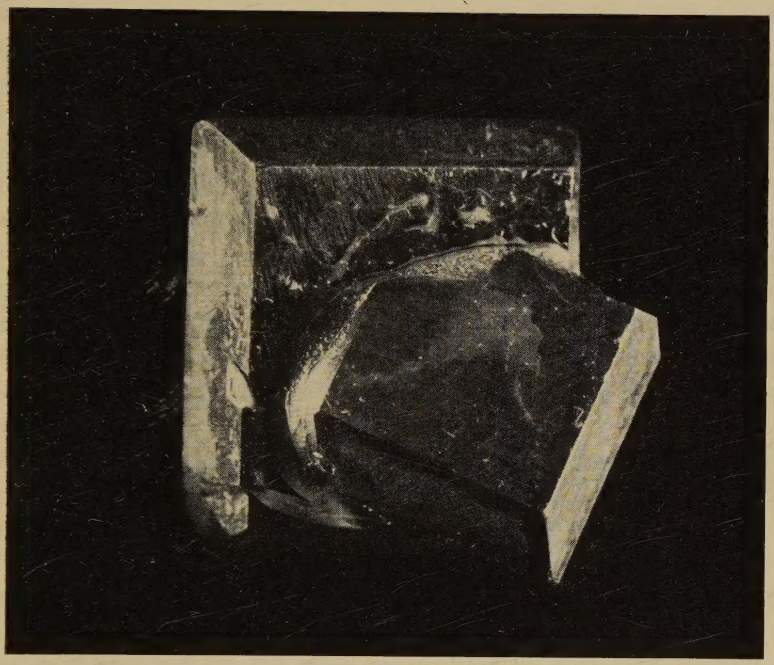
Lausanne
Imprimerie Vaudoise
1955

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE

FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

Doyen	P. CHOUX	
Doyens honoraires	A. MARCHAUD, E. TRAYNARD, G. CORROY	
Mort au champ d'honneur	F. MARTY	Maître de conférences de Mathématiques
Professeurs honoraires	J. BOSLER, M. CAULLERY, M. KOLLMANN, J. PERES, G. PETIT, R. THIRY, A. TIAN	
Maîtres de conférences honoraires	H. BIMAR, D. RICARD	
Secrétaires honoraires	M. CASTELLA, H. LANFRANCHI	
Professeurs	L. MARGAILLAN	Chimie industrielle
	G. CORROY	Géologie et Minéralogie
	P. CHOUX	Botanique générale
	R. CERIGHELLI	Agronomie tropicale
	P. ROUARD	Physique générale
	J. VALENSI	Mécanique des fluides
	P. DESNUELLE	Chimie biologique
	M. ABELOOS	Zoologie générale
	R. MERIGOUX	Physique industrielle
	P. VINCENSINI	Calcul différentiel et intégral
	E. CALVET	Chimie générale
	P. BENOIT	Physiologie
	C. FEHRENBACH	Astronomie
	A. FAVRE	Mécanique de l'atmosphère
	H. CABANNES	Mécanique rationnelle
	A. GUILLEMONAT	Chimie M. P. C.
	J.-M. PERES	Biologie animale S. P. C. N.
	C. JAUSSERAN	Physique M. P. C.
	R. MOLINIER	Biologie végétale
	G. CARPENI	Chimie S. P. C. N.
	P. COTTON	Physique P. C. B. - S. P. C. N.
	J. METZGER	Chimie P. C. B.
Maîtres de conférences	J. TIMON-DAVID	Biologie animale P. C. B.
	L. FOURES	Mathématiques générales
	Mme Y. FOURES	Méthodes mathématiques de la physique
	G. BODIOU	Mathématiques M. P. C.
	Mlle GONTCHAROFF	Océanographie
	M. NAUDET	Chimie des corps gras



CRISTAUX DE GALLIUM
obtenus au cours de ces recherches

AVANT-PROPOS

Le gallium est un élément assez répandu dans la croûte terrestre puisque, selon les recherches des géochimistes [113], [199], *sa teneur y est du même ordre que celle du plomb (environ 15 g/t). Il est beaucoup plus répandu que certains éléments, pourtant considérés comme assez courants : l'arsenic et le mercure par exemple.*

Cependant, on ne connaît pas de minerai riche en gallium et ce métal se trouve très disséminé dans la nature ; on le rencontre notamment, mais toujours à de faibles teneurs, dans certains sulfures de zinc, dans la germanite, dans certains schistes cuivreux, dans quelques charbons anglais, et surtout dans tous les minéraux contenant de l'aluminium. En effet, le gallium accompagne toujours l'aluminium avec qui il présente de grandes analogies dans ses propriétés chimiques.

L'extraction du gallium est difficile du fait de ces faibles teneurs et c'est ce qui explique que cet élément, connu depuis 1875 grâce à Lecoq de Boisbaudran, *soit encore relativement rare et coûteux sur le marché.*

Ses propriétés assez particulières ont pourtant depuis longtemps retenu l'attention des chercheurs. Citons principalement : son très bas point de fusion (29,75° C.) avec possibilités de surfusion jusqu'à des températures bien inférieures à 0° ; son point d'ébullition très élevé (environ 2000°), sa forte augmentation de volume à la solidification, son anisotropie plus élevée que celle de tous les autres métaux, etc...

Aussi y a-t-il eu de nombreuses recherches, et beaucoup de méthodes ont-elles été élaborées pour extraire ce métal.

Dans le cas particulier de l'industrie de l'aluminium, les minerais ne sont pas spécialement riches en gallium. Mais au cours de la fabrication de l'alumine par le procédé Bayer, *les lessives de soude caustique utilisées dissolvent le gallium, et s'enrichissent peu à peu en cet élément qu'elles ne laissent précipiter qu'au-delà d'une certaine teneur.*

Beaucoup de recherches ont eu pour objet l'extraction du gallium de ces lessives. Elles ont malheureusement toutes pour effet de les altérer plus ou moins complètement, ce qui rend assez élevé le prix de revient du gallium obtenu.

Les recherches que nous avons entreprises et que nous exposons ici ont eu précisément pour objet l'extraction du gallium de ces lessives, dans les conditions les plus économiques possibles, c'est-à-dire surtout en évitant de modifier ou d'altérer les lessives de soude caustique traitées.

Avant de commencer cet exposé, nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à la direction de la Société française pour l'industrie de l'aluminium, de qui nous avons reçu des encouragements et une aide matérielle précieux pour la conduite de ces travaux.

Notre travail comprend trois parties :

1. *Une étude bibliographique la plus complète possible, afin de pouvoir profiter des moindres remarques des nombreux chercheurs qui ont étudié cette question depuis quatre-vingts ans.*
2. *Une étude sur le dosage du gallium, afin d'avoir une base solide pour nos recherches et nos contrôles.*
3. *Enfin les études proprement dites menées en vue de l'extraction du gallium au cours de la fabrication de l'alumine.*

PREMIÈRE PARTIE

DOCUMENTATION

DOCUMENTATION

Dans son ouvrage sur le gallium, paru en 1937 [184], *E. Einecke* donnait une liste assez complète des études publiées jusqu'alors sur cet élément. Mais cette liste est d'une part arrêtée à l'année 1937 et demandait à être complétée ; d'autre part elle ne mentionne que les noms des auteurs, sans le sujet de l'étude — comme malheureusement beaucoup de listes bibliographiques.

Nous avons donc repris depuis le début, c'est-à-dire depuis la découverte de *Lecoq de Boisbaudran* en 1875, l'analyse systématique de toutes les publications faites sur le gallium. Il ne s'est guère passé de jours par la suite que nous n'ayons eu à consulter cette liste et à nous procurer le texte de telle ou telle étude.

Ce travail de bibliographie ayant été fort long, nous avons pensé qu'il pourrait être utile à d'autres d'en consulter les listes, sans être obligé de les établir à nouveau. Nous avons donc fait figurer ici la suite intégrale des études publiées sur le gallium, au lieu de nous borner à ne citer que celles auxquelles nous sommes appelés à nous référer dans le courant du texte.

On trouvera cet index bibliographique à la fin de ce travail. Nous l'avons présenté et classé en nous inspirant des bulletins analytiques : les études citées y sont groupées par matières ; à l'intérieur de chaque chapitre, nous avons adopté le classement chronologique.

DEUXIÈME PARTIE

DOSAGE DU GALLIUM

DOSAGE DU GALLIUM

Le dosage du gallium pose un problème assez compliqué du fait de sa présence à de très faibles teneurs à côté d'autres éléments en quantités relativement importantes. En effet, on ne connaît pas de réaction chimique absolument spécifique de ce métal, et de plus les éléments qui l'accompagnent — l'aluminium principalement — ont souvent avec lui de grandes analogies chimiques.

Les recherches qui ont été faites dans le passé ont porté notamment sur la séparation du gallium d'avec le zinc, l'aluminium, le germanium et l'indium. De nombreux moyens ont été envisagés, et beaucoup d'études ont été faites pour essayer d'établir des méthodes d'analyses sûres. Nous allons rappeler ici les principales méthodes proposées.

CHAPITRE PREMIER

MÉTHODES PROPOSÉES

1. Méthodes chimiques.

Ferrocyanure. — Le ferrocyanure de gallium est très peu soluble, surtout en milieu chlorhydrique assez concentré (3 à 4 N). L'aluminium, même en grandes quantités, ne précipite pas. Voir : *Lecoq de Boisbaudran* [52].

Sulfure. — L'hydrogène sulfuré ne précipite pas le gallium seul, mais celui-ci est entraîné par l'arsenic, en présence d'acétate d'ammonium. On peut ainsi séparer le gallium de l'aluminium. Voir : *Lecoq de Boisbaudran* [52].

Chlorure. — En milieu chlorhydrique 5,6 N, l'éther extrait le chlorure de gallium de ses solutions aqueuses. Le fer ne passe pas dans l'éther s'il est à l'état bivalent. Voir : *Swift* [901], *Ato* [931], *Grahame* et *Seaborg* [758], *Wada* et *Ishii* [935], *Roesner* et *Steuer* [959].

Aluns. — Des sels de césium de ce type peuvent cristalliser, principalement pour des recherches micro-chimiques. Voir : *Yagoda* [922], *Benedetti-Pichler* et *Spikes* [934], *Martini* [937], *Wenger* et *Duckert* [940].

Urée. — Le gallium peut être précipité à l'état de sulfate basique, par chauffage en présence d'urée, et être ainsi séparé de Zn, Mn, Ca. Voir : *Willard* et *Fogg* [932], [933].

Cupferron. — En milieu sulfurique assez fort (env. 5 N) le cupferron précipite le gallium, permettant de le séparer de Al et In. Mais Sn, Zr et V ne peuvent pas être séparés de Ga par cette méthode. Voir : *Moser* et *Brukl* [908], *Brukl* [909], [910], *Schwarz v. Bergkampf* [917], *Scherrer* [925], *Wlodawetz* [938], *Dupuis* et *Duval* [996].

8 Hydroxyquinoléine. — Elle précipite le gallium, et l'oxinate peut être ensuite soit pesé, soit titré volumétriquement (nous parlerons plus loin de la fluorimétrie). Voir : *Geilmann* et *Wrigge* [916], *Charlot* [914], *Lacroix* [945].

5. 7 dibromo 8 hydroxyquinoléine. — Elle précipite le gallium, donnant un composé bien défini qui peut être pesé. Al, Zn et In ne précipitent pas. Voir : *Gastinger* [942], *Moeller* et *Cohen* [993].

Tannin. — Il précipite le gallium en milieu acide, permettant de le séparer de Zn, Ni, Co, Mn, Cd, Th et Be. Voir : *Moser* et *Brukl* [906], [907], *Wlodawetz* [938].

Pyridine. — Elle précipite le gallium au pH 5,5 environ, en présence de $ClNH_4$. Voir : *Ivanov-Emin* et *Ostroumov* [943].

Acide camphorique. — Il précipite également le gallium, mais la plupart des autres cations doivent être préalablement séparés. Voir : *Ato* [915], [931], [941], *Roesner* et *Steuer* [979].

2. **Méthodes physiques.**

Fluorimétrie. — Des mesures fluorimétriques sur des solutions chloroformiques d'oxinate de gallium constituent un moyen de dosage, principalement pour de très petites quantités. Voir : *Sandell* [989], [991], *Lacroix* [945], [992].

Colorimétrie. — Divers corps ont été proposés pour des analyses colorimétriques, notamment :

la quinalizarine. Voir : *Willard* et *Fogg* [985].

l'αnitroso βnaphtol. Voir : *Papish* et *Hoog* [904].

l'aluminon. Voir : *Corey* et *Rogers* [903].

On a proposé diverses autres méthodes physiques, en général encore assez peu étudiées :

Polarographie. — Voir : *Zeltzer* [984], *Furman, Bricker et McDuffie* [993].

Electrolyse. — Voir : *Dennis* et *Bridgman* [172], *Richards* et *Boyer* [176], *Reichel* [983], *Lloyd* et *Pugh* [503].

Potentiométrie. — Voir : *Kirschman* et *Ramsey* [980], *Ato* [982], *Oka* [936].

Thermogravimétrie. — Voir : *Duval* [995], *Dupuis* et *Duval* [996].

Chromatographie. — Voir : *Venturello* et *Agliardi* [988].

Bombardement atomique. — Voir : *Seaborg* et *Livinggood* [320], *Grahame* et *Seaborg* [321].

CHAPITRE II

CHOIX D'UNE MÉTHODE

Le choix de la méthode d'analyse à retenir parmi celles que nous venons d'exposer nous est dicté par nos conditions de travail, c'est-à-dire par les éléments étrangers que nous devons séparer du gallium.

Dans le cas de la bauxite, de l'alumine et de leurs produits intermédiaires, les principaux éléments à écarter du gallium sont :

— l'aluminium
— le fer
— le titane
— le silicium
— le vanadium
— le phosphore
— le sodium

ainsi qu'en petites quantités : le fluor, l'arsenic, le manganèse et le chrome.

La présence de l'aluminium, si voisin chimiquement du gallium, restreint déjà singulièrement le nombre des méthodes possibles.

Recherchant une méthode rapide et sûre, qui permette également d'écarter le vanadium, anion souvent très gênant, nous nous sommes arrêtés à *l'extraction par l'éther du chlorure de gallium en milieu chlorhydrique.* Cette méthode, reposant sur le principe de plus en plus utilisé de la répartition d'une substance entre phases liquides, permet en effet l'élimination rapide de tous les éléments à écarter.

Le chlorure de gallium ainsi séparé est extrait de l'éther, et la quantité de gallium contenu est assez facilement déterminée : nous avons choisi à cet effet la précipitation par la *5.7 dibromo 8 hydroxyquinoléine,* suivie d'une pesée. Ce réactif présente sur plusieurs autres tels que l'acide camphorique et la pyridine, l'avantage que le précipité pesé n'est pas de l'oxyde Ga_2O_3, mais un composé 10 fois plus lourd, et très bien défini. Il ne précipite pas l'aluminium, ce qui est assez intéressant pour le cas où de petites quantités de cet élément, si abondant en début d'analyse, auraient pu échapper à la séparation par l'éther. Enfin, la pesée nous paraît préférable à d'autres méthodes de mesure, telles que la fluorimétrie ou la spectrophotométrie, intéressantes surtout pour de très faibles teneurs.

CHAPITRE III

SÉPARATION DU GALLIUM, PAR EXTRACTION DE SON CHLORURE PAR L'ÉTHER

1. Principe — Données bibliographiques.

Divers auteurs avaient constaté, dès 1892, que lorsque l'on agite des solutions chlorhydriques de sels ferriques avec de l'éther, le cation a tendance à passer dans l'éther. En 1908, *Noyes, Bray* et *Ellwood* [1200], utilisant ce phénomène dans une méthode d'analyse qualitative, remarquèrent que cette propriété s'étendait aux sels thalliques.

En 1924, *Swift* [901] reprit et étudia en détail cette question. Voyant en effet que le gallium fait partie du même groupe que le thallium dans la classification périodique, il pensa qu'il possédait la même propriété, et vérifia expérimentalement l'exactitude de cette supposition. Notons cependant que l'indium, autre élément de ce groupe, ne suit pas cette règle.

Swift indiqua que le coefficient de partage du chlorure de gallium entre la phase eau et la phase éther est fonction de la concentration initiale de la solution aqueuse en ClH. Il étudia les variations de ce coefficient de partage, qui présente un maximum pour une concentration initiale environ 5,5 N : dans ces conditions il passe 98 % du chlorure de gallium dans la phase éther, de sorte qu'après deux extractions successives la totalité du gallium a pratiquement disparu de la phase aqueuse. Il est nécessaire de ne pas s'écarter de l'intervalle compris entre des concentrations en ClH 5 à 6 N, faute de quoi la proportion de gallium extrait diminuerait rapidement.

Swift étudia les possibilités d'application de cette méthode à la séparation du gallium des autres éléments, et constata que seuls quelques-uns d'entre eux sont extraits dans les mêmes conditions. Ce sont : Sb, As, Ge, Au, Fe‴, Mo, Te, Tl‴, Sn. On peut facilement écarter le fer et le thallium, en ramenant le fer à l'état bivalent et le thallium à l'état monovalent. Pour cela, on utilise une solution réductrice de chlorure titaneux.

En 1938, *Grahame* et *Seaborg* [758], étudiant la répartition de très petites quantités de matières entre phases liquides, vérifièrent que le

maximum de l'extraction de Cl_3Ga par l'éther était obtenu pour une concentration initiale environ 5,5 N en ClH dans la phase aqueuse. Ils montrèrent que cette règle s'appliquait même à de très faibles concentrations, aux alentours de 10^{-12}.

Depuis, divers auteurs ont établi des méthodes d'analyse en partant de ces données. Ils ont, en général, été amenés à retenir la valeur de 5,6 N pour l'optimum de la concentration initiale en ClH [959, 992].

2. Considérations pour l'établissement du mode opératoire analytique.

Quantités à mettre en jeu.

Comme nous le verrons par la suite, le dosage du gallium par précipitation au moyen de la dibromohydroxyquinoléine se fait dans les meilleures conditions lorsque la quantité de gallium mise en jeu est comprise entre 0,5 et 0,8 mg.

Nous avons établi le mode opératoire pour l'extraction du chlorure de gallium par l'éther en tenant compte de cette exigence. Elle procure d'ailleurs un avantage notable : les quantités utilisées sont assez faibles, d'où commodité, et économie appréciable de réactifs.

Acidité.

Pour avoir en début d'extraction une acidité 5,6 N dans la phase aqueuse, nous avions le choix entre deux moyens :

— préparation d'une solution à analyser acidifiée préalablement par l'acide chlorhydrique, à la concentration 5,6 N ;

— préparation d'une solution à analyser neutre, et addition au moment de l'extraction par l'éther de la quantité convenable d'acide chlorhydrique plus concentré (voir *Lacroix* [992]).

Si l'on adopte la première méthode, la forte concentration en acide chlorhydrique provoque des cristallisations gênantes pour les mesures de volumes, principalement en présence de sels de sodium (cas des lessives d'aluminate de soude). Nous avons donc retenu la seconde méthode ; il peut alors se produire des dépôts de sels dans l'ampoule à robinet où se fait l'extraction, mais à cet endroit ces cristallisations ne présentent plus d'inconvénient.

L'addition du trichlorure de titane destiné à ramener le fer à l'état bivalent au moment de l'extraction ne modifie pas l'acidité de la phase aqueuse. Nous avons en effet analysé cette solution (trichlorure de titane à 15 % de Prolabo) et y avons trouvé un excès de ClH, à une concentration 5,5 N.

Ether.

Nous avons utilisé environ 4,5 volumes d'éther pour 6 de solution aqueuse, de façon à obtenir après agitation $^1/_3$ de phase éther et $^2/_3$ de phase aqueuse, soit à peu près les même proportions que *Swift* ($^4/_{10}$ et $^6/_{10}$).

Schéma du mode opératoire.

Nous avons adopté le même plan que *Lacroix* [992] : deux extractions successives de la solution aqueuse par l'éther, suivies de deux lavages de l'éther par de l'acide chlorhydrique 5,6 N, pour refaire passer dans la phase aqueuse les éléments étrangers qui auraient pu être partiellement entraînés par l'éther.

Séparation du gallium de l'éther après l'extraction.

Pour séparer de l'éther les ions gallium on peut, soit agiter l'éther avec de l'eau distillée ou une solution tampon, soit distiller l'éther.

Nous avons tout d'abord essayé l'agitation avec l'eau distillée, mais avons constaté qu'une partie du gallium reste dans l'éther (voir le tableau des résultats, page 30, essais N^{os} 16 à 19) à moins sans doute d'utiliser de grands volumes d'eau. Nos essais ont été faits en agitant 17 cm^3 d'éther avec trois fois 10 cm^3 d'eau distillée.

Nous avons dû écarter l'agitation avec une solution tampon, dont les constituants gêneraient par la suite la précipitation par la bromoxine, très exigeante quant aux conditions d'acidité.

Enfin, en ce qui concerne la distillation de l'éther, *Lacroix* indique qu'elle n'est pas possible, une partie du gallium étant entraîné. Nous avons toutefois essayé de chasser l'éther par le vide et avons pu constater, au cours de nombreux essais, qu'il n'y a pas de perte de gallium (voir tableau, essais N^{os} 20 et suivants).

Nous avons utilisé un dessicateur à vide dans lequel est placé le bécher contenant l'éther, plongeant dans un peu d'eau chaude (50-60°).

Cette manière d'opérer présente un gros avantage pour le dosage par la bromoxine : le résidu sec, ou à peine humide, qui se trouve au fond du bécher peut être repris par des quantités exactement connues de réactifs (solution chlorhydrique + acétone) et la précipitation se produit ainsi dans les meilleures conditions.

Mode opératoire définitif — Essais pour l'éprouver.

Nous donnerons un peu plus loin (chapitre V) le mode opératoire définitif, puis nous exposerons (chapitre VI) les essais que nous avons faits pour l'éprouver.

CHAPITRE IV

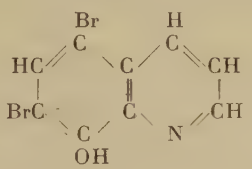
DOSAGE GRAVIMÉTRIQUE DU GALLIUM AU MOYEN DE LA 5.7 DIBROMO 8 HYDROXYQUINOLÉINE

1. Principe — Données bibliographiques.

Etudiant l'influence de substituants, dans les dérivés de l'oxyquinoléine, sur l'insolubilité de leurs complexes métalliques, *Berg* et *Kustenmacher* [1201, 1202] remarquèrent, dès 1932, le dérivé dibromé 5,7 ou « bromoxine », et étudièrent les possibilités d'application de ce dérivé au dosage du cuivre, du fer et du titane.

Cette question fut reprise en 1944 par *Gastinger* [942] qui montra l'intérêt présenté par ce dérivé dibromé pour le dosage du gallium en présence de grandes quantités d'aluminium.

La 5.7 dibromo 8 hydroxyquinoléine, qui a pour formule :



ou $[C_9H_4NBr_2O]\ H$

donne avec le gallium un composé bien défini, de formule

$$[C_9H_4NBr_2O]_3\ Ga$$

qui contient 13,993, soit pratiquement 14 fois son poids de Ga métallique.

Les chercheurs que nous venons de citer ont mis en relief les points essentiels suivants :

Le réactif, soluble dans l'acétone (environ 4 pour 1000 à 20°) est peu soluble dans l'eau, surtout à froid ; aussi la précipitation doit-elle être faite dans une solution aqueuse additionnée d'une certaine quantité d'acétone. Cette quantité ne doit pas être trop élevée, sinon le bromoxinate de gallium deviendrait trop soluble. La concentration optimum en acétone est de 30 %. De plus, l'excès de réactif ne doit

pas être trop grand : environ 30 mg pour 100 cm^3 à 50°, alors qu'à 20° cet excès ne devrait être que de 10 mg ; pour cette raison, la précipitation et la filtration ne doivent pas être faites à une température inférieure à 50°.

La précipitation par la bromoxine doit se faire en milieu légèrement acide. La valeur optimum est une concentration 0,06 N en ClH. Elle ne modifie pas la solubilité du réactif.

La plupart des éléments étrangers ne précipitent pas dans ces conditions. L'arsenic, seul élément présent dans la bauxite ou les lessives d'aluminate qui ait pu échapper à la première séparation, est ainsi éliminé.

2. **Considérations pour l'établissement du mode opératoire analytique.**

Solution de bromoxine.

La solubilité du réactif dans l'acétone étant un peu inférieure à 4 pour 1000 à froid, il est recommandable d'en préparer une solution à 3 pour 1000.

Chaque centimètre cube de cette solution contient 3 mg de réactif, capables d'entraîner 0,22 mg de Ga, en donnant 3,22 mg de précipité.

Volumes et quantités à utiliser.

Gastinger recommande, pour un volume de 100 cm^3, une teneur en gallium de 0,6 mg et une quantité de réactif d'environ 5 cm^3 de solution à 3 pour 1000.

Nous avons donc fixé à 5 cm^3 la quantité de réactif. Cette quantité est capable de précipiter 1,1 mg de gallium et nous avons pu vérifier que, jusqu'à épuisement du réactif, les résultats sont tout à fait corrects (voir le tableau des résultats, essais N^{os} 3 à 13). La quantité de gallium pourrait donc aller de 0 à 1,1 mg, donnant des poids de précipité de 0 à 16 mg. Cependant, pour être certain que la quantité de réactif a été suffisante, il faut qu'il y en ait un peu en excès : il est donc recommandable de ne pas dépasser environ 0,8 mg, tout en se tenant de préférence au-dessus de 0,5 mg pour avoir un poids suffisamment élevé.

Mode opératoire définitif — Essais pour l'éprouver.

Nous donnons au chapitre suivant le mode opératoire définitif, puis nous exposerons (chapitre VI) les essais que nous avons faits pour l'éprouver.

CHAPITRE V

MODE OPÉRATOIRE GÉNÉRAL

Durée : 1 heure de travail + 2 heures d'étuve = 3 heures.

1. **Mise en solution neutre de l'échantillon à étudier.**

L'échantillon à analyser doit être mis pour l'extraction ultérieure par l'éther sous forme de solution neutre, sous le plus petit volume compatible avec la solubilité de ses composants. Nous donnons ici l'exemple des lessives d'aluminate et de l'alumine hydratée, qui nous intéressent particulièrement.

Lessives d'aluminate de sodium.

Prélever, pour une lessive à environ 150 g/l Na_2O, un volume de 50 cm^3 (ou une quantité plus forte ou plus faible selon la concentration en soude) et y ajouter la quantité de ClH concentré juste nécessaire pour neutraliser la soude et l'alumine, dont les teneurs auront été déterminées à l'avance. Compléter à 100 cm^3 avec de l'eau distillée.

La teneur probable de ces lessives étant d'environ 0,1 à 0,2 g/l Ga pour une concentration de 150 g/l Na_2O, on pourra faire avec 5 à 8 cm^3 de la solution ci-dessus (soit 2,5 à 4 cm^3 de lessive) un premier essai qui donnera une indication sur la teneur en gallium, puis un second essai avec un volume contenant une quantité de gallium aussi proche que possible de 0,8 mg.

Dans la pratique, pour gagner du temps, nous nous sommes habitués à prélever directement 3,2 cm^3 de lessive d'alcalinité connue, et à y ajouter la quantité de ClH concentré juste nécessaire pour obtenir une solution neutre.

Alumine hydratée.

Chauffer doucement 5 g d'alumine hydratée sèche, dans une capsule de quartz, avec 25 cm^3 de SO_4H_2 concentré, en agitant constamment. Après quelques minutes, pousser le chauffage pour évaporer la masse à sec.

Après refroidissement reprendre par 20 cm^3 environ d'eau chaude, et porter finalement à 30 cm^3.

La faible teneur en gallium de l'hydrate d'alumine *Bayer* — environ 0,01 % — nous obligera à faire l'extraction par l'éther sur la totalité du volume, ou au moins sur la moitié, soit 15 cm^3. Pour des hydrates d'alumine plus riches en gallium, il conviendrait de prendre un volume plus faible, représentant une quantité de gallium voisine de 0,8 mg.

2. Extraction du chlorure de gallium par l'éther.

Nous donnons le mode opératoire suivant pour un volume de solution neutre de 8 cm^3. Pour des volumes différents, on modifiera proportionnellement les quantités de réactifs.

Verser dans une ampoule à robinet de 60 cm^3, ou plus grande si nécessaire (ne graisser le robinet qu'à la glycérine) :

— 8 cm^3 de solution neutre à étudier
— quelques gouttes d'une solution à 15 % de Cl_3Ti (jusqu'à nette coloration violette)
— 18,7 cm^3 d'acide chlorhydrique 8 N
— 20 cm^3 d'éther (éther ordinaire redistillé).

Agiter énergiquement pendant trois minutes, et laisser décanter une minute. Soutirer la phase aqueuse en la recueillant dans une deuxième ampoule à robinet de 60 cm^3.

Ajouter, dans cette deuxième ampoule :

— 15 cm^3 d'éther.

Agiter trois minutes et laisser décanter une minute.

Soutirer la phase aqueuse, et recueillir l'éther dans la première ampoule. Rincer la deuxième ampoule avec 2 cm^3 d'éther que l'on recueille également dans la première ampoule. Y ajouter alors :

— 12 cm^3 de ClH 5,6 N
— quelques gouttes de chlorure titaneux.

Agiter trois minutes et laisser décanter une minute. Soutirer la phase aqueuse.

Ajouter encore dans l'ampoule :

— 8 cm^3 de ClH 5,6 N.

Agiter trois minutes et laisser décanter une minute.

Soutirer la phase aqueuse jusqu'au robinet, rincer son extrémité à l'eau distillée, et la laisser égoutter.

Recueillir l'éther dans un bécher de 250 cm^3. Rincer l'ampoule avec 2 cm^3 d'éther que l'on joint à celui du bécher.

Placer le bécher dans un dessicateur à vide contenant une couche de 2 à 3 cm d'eau chaude (50-60°) et branché sur une trompe à eau (munie de préférence d'un clapet). En fin d'opération, il ne doit plus rester au fond du bécher qu'un dépôt sec ou à peine humide.

3. **Précipitation du gallium par la bromoxine.**

Solutions :

— Solution acétonique à 3 g par litre de 5.7 dibromo 8 hydroxyquinoléine (nous avons utilisé le produit provenant des « British Drug Houses »).

— Solution 0,06 N en ClH et à 30 % d'acétone (préparée par exemple en portant à 1 litre avec de l'eau distillée un mélange de 300 cm^3 de ClH N/5 et 300 d'acétone). L'acétone utilisée est le produit ordinaire redistillé avec un peu de MnO_4K, selon *Gastinger* [942].

Reprendre le contenu du bécher par 100 cm^3 de la solution ClH-acétone.

Chauffer à 60°. Enlever du feu. Ajouter 5 cm^3 de la solution de bromoxine.

Agiter. Laisser reposer une minute.

Filtrer sur creuset filtrant pyrex N° 4 (diamètre 30 mm). La filtration doit être achevée avant que le liquide ne se soit refroidi au-dessous de 50°. Laver avec la solution ClH-acétone chaude, puis finalement avec un peu d'eau bouillante.

Sécher deux heures à 105-110° et peser. Les pesées du creuset filtrant, avant et après filtration, doivent être faites après un temps déterminé, de vingt à trente minutes, de refroidissement dans un dessicateur garni d'anhydride phosphorique. Ces précautions sont très importantes, vu le faible poids du précipité.

Le poids obtenu, divisé par 14, donne le poids de gallium contenu dans la prise d'essai.

Le nettoyage des creusets peut se faire très rapidement en les laissant quelques minutes dans de l'acide nitrique fumant, et en les rinçant sous vide.

CHAPITRE VI

ESSAIS FAITS POUR ÉTABLIR ET POUR ÉPROUVER LE MODE OPÉRATOIRE DE CETTE MÉTHODE D'ANALYSE

Solution type de gallium.

Une solution à teneur exactement connue en gallium étant l'instrument indispensable à toute vérification de la méthode d'analyse, nous avons préparé une solution type N/10 de sulfate de gallium, à partir de gallium métallique.

Cette solution contient 2,324 mg/cm³ de Ga.

Pour la plupart des essais, cette solution a été diluée dix fois, donnant donc une solution N/100.

Le tableau suivant représente les teneurs en gallium, et les poids correspondants de bromoxinate, pour les volumes de solution type que nous avons le plus souvent utilisés.

Sol. Ga cm³	Ga mg	Précipité mg
N/10		
1	2,324	32,52
5	11,62	162,6
N/100		
0,5	0,1162	1,63
1	0,2324	3,25
1,5	0,3486	4,88
2	0,4648	6,50
2,5	0,5810	8,13
3	0,6972	9,76
3,5	0,8134	11,38
4	0,9296	13,01
4,5	1,0458	14,63
5	1,162	16,26

Conduite des essais.

Précipitation directe par la bromoxine.

Nous avons effectué en premier lieu quelques essais de précipitation directe de la solution type de gallium par la bromoxine, afin d'être assurés de l'exactitude de cette méthode, indépendamment de l'extraction par l'éther.

Les deux premiers essais ont été faits, pour nous orienter, avec des quantités relativement élevées de gallium, et les résultats y ont été satisfaisants (N^{os} 1 et 2, voir ci-après le tableau des résultats).

Nous avons alors effectué les essais suivants (N^{os} 3 à 15) avec des quantités croissantes de gallium, de l'importance de celles que nous rencontrerons dans la pratique. Le maximum de gallium que peuvent précipiter les 5 cm^3 de solution à 3 pour 1000 de bromoxine est atteint dès l'essai N° 13 ; il représente 16,1 mg de précipité. On peut constater que les poids obtenus correspondent bien aux poids théoriques, même pour de très faibles quantités.

Extraction par l'éther + précipitation par la bromoxine.

Les premiers essais d'extraction du chlorure de gallium par l'éther ont été suivis de la récupération de ce sel par agitation de l'éther trois fois de suite avec de l'eau distillée. Ces essais (N^{os} 16 à 19) ont donné des valeurs trop faibles, ainsi que nous l'avons dit précédemment (chapitre III, § 2).

La récupération du gallium après son extraction a alors été effectuée par évaporation sous vide de l'éther, avec succès ainsi qu'on le voit pour les essais N^{os} 20 et suivants. Tous les dosages ultérieurs ont été conduits de cette manière.

Du N° 20 au N° 28, nous nous sommes bien assurés de la fidélité du mode opératoire, en présence de gallium seul.

Nous avons alors étudié l'influence des principaux corps étrangers à prévoir, à des concentrations variables, voisines de celles que nous sommes appelés à rencontrer dans la pratique.

Ainsi l'aluminium (jusqu'à des rapports Al/Ga de 2000 et ultérieurement de près de 10 000), le fer et le vanadium, seuls ou mélangés, ont été ajoutés à des quantités connues de gallium. Là encore, les quantités introduites ont toujours été retrouvées avec assez d'exactitude en fin d'analyse :

Essais N^{os}	29 - 34	Ga + Al
	35 - 36	Ga + Fe
	37 - 38	Ga + V
	39 - 51	Ga + Al + Fe + V

Notons que le titane est toujours présent dans ces essais, puisqu'il est utilisé pour la réduction des sels ferriques.

Nous avons ensuite appliqué notre mode opératoire analytique à une lessive d'aluminate de soude, en utilisant des prises d'essai variables. Les résultats ont été assez concordants, donnant, pour cette lessive, les caractéristiques suivantes (essais N^{os} 52 à 60) :

0,18 à 0,20 g/l Ga pour 149 g/l Na_2O et 57 g/l Al_2O_3

Rapport **Al/Ga** = **160** environ.

Enfin différents volumes de cette lessive ont été additionnés de quantités connues de gallium. Les poids théoriques (somme Ga introduit + Ga présent dans la lessive, déduit des essais précédents) ont encore été bien retrouvés en fin d'analyse (essais N^{os} 61 à 69).

Résultats des essais

Essais N^{os}	Volume de sol. type de Ga utilisé	Quantité de produit étranger ajouté	Rapport Al/Ga	Poids théorique mg	Poids trouvé mg
	cm^3 N/10				
1	5	—	—	162,6	164,5
2	1	—	—	32,5	31,6
	cm^3 N/100				
3	0	—	—	0,0	0,0
4	0,5	—	—	1,6	1,6
5	1	—	—	3,3	3,4
6	1,5	—	—	4,9	4,6
7	2	—	—	6,5	6,4
8	2,5	—	—	8,1	8,2
9	3	—	—	9,8	9,8
10	3,5	—	—	11,4	11,8
11	4	—	—	13,0	12,8
12	4,5	—	—	14,6	14,2
13	5	—	—	(16,3)	16,1
14	6	—	—	(19,5)	16,1
15	7	—	—	(22,8)	16,1
16	2	—	—	6,5	5,0
17	2	—	—	6,5	3,4
18	2	—	—	6,5	3,0
19	2	—	—	6,5	4,4

Résultats des essais (suite)

Essais Nos	Volume de sol. type de Ga utilisé	Quantité de produit étranger ajouté	Rapport Al/Ga	Poids théorique mg	Poids trouvé mg
	cm^3 N/100				
20	2	—	—	6,5	6,8
21	2	—	—	6,5	6,6
22	2	—	—	6,5	6,2
23	2	—	—	6,5	6,0
24	2	—	—	6,5	6,2
25	2	—	—	6,5	6,0
26	2,5	—	—	8,1	8,2
27	2,5	—	—	8,1	8,2
28	2,5	—	—	8,1	8,0
29	2	2 cm^3 sol. à 2,324 g/l Al	10	6,5	6,4
30	2	2 cm^3 sol. à 2,324 g/l Al	10	6,5	6,2
31	2	2 cm^3 sol. à 23,24 g/l Al	100	6,5	6,2
32	2	2 cm^3 sol. à 23,24 g/l Al	100	6,5	6,3
33	2	10 cm^3 sol. à 46,48 g/l Al	1000	6,5	6,0
34	2	10 cm^3 sol. à 46,48 g/l Al	1000	6,5	6,4
35	2	0,1 cm^3 sol. Cl_3Fe N/10	—	6,5	6,1
36	2	0,1 cm^3 sol. Cl_3Fe N/10	—	6,5	6,2
37	2	1 cm^3 sol. V_2O_5 à 0,5 %	—	6,5	6,4
38	2	1 cm^3 sol. V_2O_5 à 0,5 %	—	6,5	6,0
39	0	5 cm^3 d'une solution à : 46,48 g/l Al 0,16 — Fe_2O_3 1,0 — V_2O_5	—	0,0	0,0
40	0		—	0,0	0,1
41	0,5		2000	1,6	1,6
42	0,5		2000	1,6	1,8
43	1,0		1000	3,2	3,2
44	1,0		1000	3,2	3,1
45	1,5		670	4,9	4,8
46	1,5		670	4,9	4,8
47	2,0		500	6,5	6,6
48	2,0		500	6,5	6,4
49	2,5		400	8,1	8,2
50	2,5		400	8,1	8,6
51	3,5		290	11,4	11,2

Résultats des essais (suite)

Essais Nos	Vol. de sol. type de Ga utilisé cm^3 N/100	Vol. de sol. à étudier utilisé, cm^3	Poids théorique mg	Poids trouvé mg	Résultat en g/l Ga	Rapport Al/Ga
52	—	0,75	—	1,9	0,18	
53	—	0,75	—	2,0	0,19	
54	—	1,25	—	3,4	0,19	
55	—	1,25	—	3,4	0,19	
56	—	1,75	—	4,8	0,19	160
57	—	1,75	—	5,0	0,20	
58	—	2,50	—	6,8	0,19	
59	—	2,50	—	6,5	0,19	
60	—	3,0	—	7,6	0,18	
61	1,0	1,25	6,6	6,3	—	—
62	1,0	1,25	6,6	6,4	—	—
63	1,5	0,75	6,9	7,2	—	—
64	1,5	0,75	6,9	7,0	—	—
65	2,0	0,50	7,8	8,2	—	—
66	2,5	1,25	11,5	11,2	—	—
67	2,5	1,25	11,5	11,5	—	—
68	1,0	2,0	8,6	8,6	—	—
69	1,0	2,5	10,0	9,6	—	—

Conclusion.

L'ensemble des essais que nous venons d'exposer montre donc que la méthode d'analyse telle que nous l'avons décrite au chapitre V peut être appliquée avec succès au dosage du gallium dans les produits intermédiaires de la fabrication de l'alumine.

TROISIÈME PARTIE

RECHERCHES MENÉES EN VUE DE L'EXTRACTION DU GALLIUM

RECHERCHES MENÉES EN VUE DE L'EXTRACTION DU GALLIUM

Comme nous l'indiquions au début de cette étude, il se produit, au cours de la fabrication de l'alumine par le procédé *Bayer*, un enrichissement momentané en gallium ; les lessives d'aluminate de soude accumulent en effet cet élément jusqu'à une certaine teneur, au-delà de laquelle elles le laissent s'évacuer avec l'hydrate d'alumine produit. A l'équilibre, il sort la même quantité de gallium de l'usine que ce qui y est entré. On peut se faire une idée assez précise de ces phénomènes en calculant, à côté de la concentration en % ou en g/l, le rapport Al/Ga au cours de la fabrication de l'alumine. Nous aurons ainsi par exemple :

	Concentration en Ga	Rapport Al/Ga
Bauxite	0,007 %	4000
Lessive avant décomposition	0,17 à 0,20 g/l	env. 330
Lessive après décomposition	0,17 à 0,20 g/l	160 à 170
Hydrate d'alumine	0,008 %	4000

Les lessives « décomposées » sont donc un matériau relativement riche en gallium et il semble intéressant et prometteur de rechercher une méthode pour en extraire ce métal.

Les procédés déjà connus font participer la soude caustique à des réactions chimiques qui rendent possible la séparation de composés gallifères, soit sous forme de précipités, soit au contraire dans des eaux mères. De ce fait, la soude caustique, produit très coûteux, se trouve perdue, et le prix de revient du gallium obtenu est assez élevé. Signalons, cependant, le procédé consistant à traiter les lessives par de l'acide fluorhydrique, ce qui permet de récupérer la soude et l'alumine des lessives sous forme de cryolithe artificielle. Toutefois, ce procédé ne nous paraît pas susceptible d'être mis en pratique sur une grande échelle.

* * *

C'est donc avec l'idée très nette de respecter la soude caustique et l'alumine contenues dans les lessives que nous avons entrepris ces recherches. Dès le début, deux orientations nous parurent possibles :

— l'utilisation de procédés purement chimiques
— l'application de méthodes physico-chimiques.

L'examen aussi poussé que possible des connaissances actuelles sur le gallium nous a fait dès le début laisser de côté, au moins momentanément, l'utilisation de réactions chimiques au sein des solutions d'aluminate de soude. En effet, il ne nous a pas paru possible de trouver une méthode permettant la séparation du gallium sous une forme quelconque, sans faire entrer en réaction les principaux constituants des lessives — et ceci notamment en raison de l'alcalinité très élevée de ces solutions.

Nous dirigeant alors vers la physico-chimie, nous avons remarqué une certaine analogie entre le problème qui nous occupe et celui de la séparation de certains éléments des terres rares. Etudiant les publications parues sur ce sujet, nous y avons relevé certaines possibilités :

— enrichissèment dans des champs magnétiques, en utilisant les différences des moments magnétiques des ions à séparer ;
— enrichissement par voie électrochimique dans l'espace anode ou dans l'espace cathode, en utilisant les différences de mobilité des ions ;
— enfin séparation directe par électrolyse.

Dans un premier chapitre, nous exposerons rapidement nos premiers essais infructueux. Une nouvelle orientation s'étant ensuite révélée plus prometteuse, nous l'avons adoptée définitivement ; nous développerons, en détail, dans les chapitres suivants, les recherches que nous avons faites pour en tirer le meilleur profit.

CHAPITRE PREMIER

PREMIÈRES RECHERCHES

Nous avons été tentés, dès le début, d'orienter nos recherches en nous inspirant de celles de *Noddack* et *Wicht* [1212] sur les terres rares. Ces auteurs ont étudié la séparation de ces éléments en mettant à profit de notables différences de leurs moments magnétiques. Mais cette méthode ne nous a pas paru applicable, à l'échelle industrielle, à de grandes quantités de liquides. En effet, avec des champs magnétiques pourtant très intenses, on ne peut traiter que de très petites quantités de liquide (quelques centimètres cubes par jour). De plus, les propriétés magnétiques du gallium et de l'aluminium sont assez peu différentes : le gallium est faiblement diamagnétique et l'aluminium faiblement paramagnétique.

Essais de séparation par différence de mobilité des ions.

Nous relaterons succinctement ici un certain nombre d'essais que nous avons faits en nous inspirant d'un travail de *Clusius* et *Ramirez* [1211]. Ces chercheurs ont obtenu des enrichissements ou des séparations, notamment parmi des terres rares, en profitant des différences de mobilités des ions.

Nous avons utilisé des tubes assez longs (jusqu'à deux mètres) contenant la lessive étudiée et renfermant des membranes en verre fritté afin d'éviter les mouvements de liquide sous l'effet du champ électrique.

Nous avons appliqué des champs électriques variables, de 0,1 à 10 volts/cm. D'une façon générale, nous avons constaté une importante migration vers la cathode des ions Na, mais aucun changement appréciable pour les ions gallate. Quant aux ions aluminate, ils ont donné à l'anode des dépôts d'alumine hydratée ne contenant pas de gallium : c'est là un point intéressant, mais ces dépôts ne se sont produits qu'en petites quantités et après des temps très longs.

Voici, à titre d'indication, quelques exemples d'analyses de lessives avant et après ce traitement :

	Lessive initiale	Anode (1/20 du vol. total)	Cathode (1/20 du vol. total)
Na_2O g/l	138	133	143
Al_2O_3 g/l	53	53	53
Ga g/l	0,17	0,17	0,17
Na_2O g/l	138	131	141
Al_2O_3 g/l	55	55	55
Ga g/l	0,17	0,17	0,17
Na_2O g/l	143	92	154
Al_2O_3 g/l	53	47 (+ dépôt)	53
Ga g/l	0,20	0,20	0,20
Na_2O g/l	151	107	159
Al_2O_3 g/l	51	46 (+ dépôt)	51
Ga g/l	0,17	0,19	0,17

* * *

Citons encore un certain nombre d'essais que nous avons faits sur le modèle de certains expériences de *Jolibois* [1211]. Ce savant a réussi à préparer des oxydes purs en utilisant comme électrodes de l'eau distillée à la place d'un métal. Nous nous sommes heurtés principalement dans cette recherche aux grandes forces de diffusion des lessives alcalines dans l'eau distillée, ainsi qu'à l'échauffement rapide des électrodes en raison des tensions très élevées que l'on doit utiliser pour vaincre la résistance de l'eau distillée.

CHAPITRE II

PREMIERS ESSAIS D'ÉLECTROLYSE

Dès le début de ces études, nous avons été assez tentés de rechercher le dépôt direct du gallium par électrolyse des lessives d'aluminate de soude. Cependant, l'expérience de nombreux chercheurs nous déconseillait de suivre cette voie. Ils ont, en effet, constaté que lorsque l'on pratique l'électrolyse de solutions contenant à la fois de l'aluminate et du gallate de sodium, il n'est pas possible d'épuiser complètement ces solutions en gallium, en raison de la présence de l'alumine. Il ne semblait donc pas possible d'obtenir le dépôt direct des petites quantités de gallium contenues dans les lessives du procédé *Bayer*.

N'ayant cependant pas trouvé dans la bibliographie d'étude sur ce problème, nous avons décidé de l'examiner de plus près en recherchant l'ensemble des conditions les plus favorables au dépôt du gallium.

Les lessives industrielles d'aluminate de soude constituant des mélanges très compliqués, il paraît difficile, sinon impossible, de prévoir par des calculs leur comportement exact lors d'une électrolyse. Cette difficulté est accrue par le fait que l'alumine et la galline se trouvent en solution sous forme d'ions complexes dont les activités ne sont pas connues.

Ayant ainsi effectué par la suite des mesures sur des solutions pures contenant, à la même concentration que les lessives, l'un ou l'autre de leurs composants, nous avons chaque fois constaté que les phénomènes observés prenaient sur ces solutions pures une allure très différente de celle que nous observions sur les lessives ordinaires, de sorte que les observations ainsi faites étaient de peu d'utilité pour la pratique de l'électrolyse des lessives.

Cependant, si des calculs exacts semblent peu réalisables dans notre cas, il est possible de prévoir l'allure générale des phénomènes qui se produiront dans telles ou telles conditions.

Aspect général du problème.

Lors de l'électrolyse de solutions riches en gallate de sodium, on constate que l'on ne peut pas obtenir le dépôt du gallium avant celui

de l'hydrogène : il y a donc décharge simultanée à la cathode de deux ions.

C'est avec cette idée que nous avons abordé le problème. Il s'agissait de créer les conditions les plus favorables au dépôt du gallium.

Les potentiels normaux de l'hydrogène et du gallium sont respectivement :

Ga	— 0,56 V
H	0 V

mais en solution alcaline la valeur des potentiels de ces deux éléments est différente. Nous avons, pour l'hydrogène, avec pH = 12 :

$$E = E_N + \frac{RT}{F} \text{ Log } 10^{-12}$$

soit environ :

$$\mathbf{E = — 0{,}7 \text{ Volt}}$$

Pour le gallium, des mesures de potentiel statique à la température ordinaire, dans une lessive sortant des décomposeurs, nous ont donné la valeur suivante :

$$\mathbf{E_1 = — 1{,}1 \text{ Volt}}$$

Le gallium ne pourra donc se déposer qu'à partir de ce potentiel et sans doute assez loin au-dessus, car sa concentration est faible (environ N/100), sa concentration ionique peut être beaucoup plus faible encore puisque c'est un complexe et qu'enfin il a tendance à réagir chimiquement sur l'électrolyte.

Premiers essais.

Nous avons toutefois effectué une première série d'essais pour tenter d'obtenir un dépôt de gallium avant celui de l'hydrogène.

Nous avons pour cela mis à profit l'utilisation, comme cathode, d'un métal présentant une forte surtension d'hydrogène : **plomb** (0,64 V) ou **mercure** (0,78 V) en favorisant le dépôt du métal le plus électronégatif par tous les moyens possibles, c'est-à-dire selon *Glasstone* [1207] :

— Densité de courant élevée
— Basse température (température ambiante)
— Pas d'agitation.

Nous avons utilisé une anode en platine de surface relativement grande (100 cm^2). La cathode était : soit une lame de plomb dont nous avons fait varier la surface en la plongeant plus ou moins dans l'électrolyte, jusqu'à une fraction de centimètre carré, soit du mercure placé dans une petite capsule au fond du récipient d'électrolyse et

réuni à l'extérieur par un tube de verre contenant un conducteur. L'électrolyte était une lessive sortant de la décomposition.

Nous avons appliqué aux bornes une tension aussi forte que possible sans arriver à un dégagement gazeux apparent. Dans ces conditions, l'intensité admise n'était malheureusement que très faible : quelques milliampères seulement. Toutefois, le passage du courant pendant des temps suffisamment longs pouvait donner quelque résultat.

Le dépôt d'un gramme de gallium exigeant théoriquement :

$$\frac{96\,500}{3\,600} \cdot \frac{3}{69{,}7} = 1{,}15 \text{ Ah}$$

le passage d'un courant de 10 mA pendant une heure pourrait donner à peu près 1 centigramme de gallium, ce que l'analyse peut très bien déceler.

Nous avons donc fait un certain nombre d'essais avec des temps de quelques minutes à quelques heures mais sans obtenir de résultat sensible.

Augmentant alors les temps jusqu'à 17 heures, puis 46 heures avec une cathode en plomb, nous avons pu déceler après l'électrolyse la présence de **traces de gallium** sur cette cathode.

Répétée avec une cathode en mercure, cette expérience nous a permis de déceler dans le mercure la présence de 0,5 mg de gallium. La densité de courant cathodique était de 0,25 mA par centimètre carré et l'opération avait duré 22 heures. Le gallium a été extrait en agitant le mercure avec de l'acide chlorhydrique, après l'avoir soigneusement lavé à l'eau distillée.

Ces résultats étaient bien faibles mais tout de même très encourageants car ils confirmaient notre supposition d'une possibilité d'extraction du gallium de solutions aussi peu concentrées que le sont les lessives.

Suite des essais : dépôt simultané avec l'hydrogène.

Cependant, après des expériences répétées, nous constations que ces rendements bien faibles ne pourraient pas être améliorés dans ces conditions, c'est-à-dire à des tensions suffisamment basses pour que l'hydrogène ne se dégage pas.

Nous avons donc continué cette étude expérimentale en élevant progressivement la densité de courant et en observant chaque fois ce qui se passait. Nous avons dû rapidement abandonner l'idée d'utiliser le plomb qui s'attaquait et dont la surface se désagrégeait. Cela semble dû au dépôt superficiel de sodium, formant avec le plomb un alliage que l'eau décompose aussitôt. Ce fait a d'ailleurs été signalé il y a déjà longtemps par *Bredig* et *Haber* [1203].

Nous avons alors poursuivi nos essais avec une cathode en mercure. Nous lui avions au début préféré le plomb en raison de l'insolubilité du gallium dans le mercure, signalée par *Puschin* et ses collaborateurs en 1932 [587], alors que l'on pouvait espérer obtenir un alliage superficiel avec le plomb ; dans des solutions plus concentrées en gallium on a souvent signalé de la même façon l'obtention d'alliages superficiels sur des lames de platine.

Il est en effet extrêmement intéressant de rechercher, dans le cas du dépôt d'un métal, que ce dernier se dissolve dans la cathode, soit à l'état liquide comme dans le mercure, soit à l'état solide sous forme d'alliage superficiel. La tension de dissolution du métal libéré est ainsi considérablement abaissée et le dépôt peut se produire à des potentiels plus faibles (en valeur absolue), dans certains cas même en dessous du potentiel réversible : c'est le cas bien connu du dépôt du sodium sur le mercure. Ceci s'explique par le fait que les alliages ou amalgames ainsi formés ont eux-mêmes un potentiel électrolytique nettement moins négatif que le métal seul.

Malheureusement, dans le cas du gallium, nous ne pouvions pas espérer profiter de ces faits puisqu'il est insoluble dans le mercure. Mais nous pouvions utiliser l'état liquide du mercure pour y faire disparaître dans des couches inférieures, par agitation, le gallium déposé : il y aurait encore dépolarisation dans ce cas, au moins pour une petite quantité de gallium.

C'est dans cet esprit que nous avons continué nos essais, en augmentant peu à peu la densité de courant et en agitant le mercure au moyen d'une petite hélice.

Nous avons ainsi appliqué des tensions croissantes, de 2 à 5 volts ; la densité de courant à la cathode s'est élevée de 0,03 à 2,3 ampères par décimètre carré. Dès les premiers essais, au lieu de 0,5 mg que nous avions obtenus sans agitation en 22 heures — soit 0,023 mg/h — nous avons obtenu 0,13 mg/h, puis 0,16 — 0,39 — 0,40 et enfin 2,7 mg par heure. Il s'est également déposé du sodium, jusqu'à 0,5 g par heure.

Ces valeurs ont été trouvées par analyse de la lessive avant et après chaque opération ; elles ont été confirmées par le dosage du gallium présent dans le mercure, effectué en extrayant le gallium par agitation du mercure avec de la soude caustique (de préférence à l'acide chlorhydrique qui semble agir moins rapidement et qui attaque un peu le mercure) et en dosant le gallium dans la solution obtenue.

C'est sur ces résultats que nous terminerons ce chapitre. Ils marquaient en effet une étape dans ces recherches : nous avions noté des résultats expérimentaux qu'une étude plus poussée allait sans doute nous permettre d'améliorer et qui nous laissaient déjà entrevoir des possibilités d'application à une extraction économique du gallium.

CHAPITRE III

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE EXPÉRIMENTALE

Les recherches que nous avons pousuivies, sur la base des résultats exposés à la fin du chapitre précédent, peuvent être divisées en deux parties :

— une première série d'expériences faites en recueillant le plus possible d'observations et en améliorant progressivement les conditions et surtout la régularité des extractions ;

— puis une étude systématique des variables pouvant avoir une influence sur l'économie des opérations.

Le premier stade expérimental a été rendu nécessaire par le manque de fidélité des résultats que nous obtenions dans des opérations répétées avec des conditions pourtant apparemment identiques. C'est celui que nous exposerons dans ce chapitre.

* * *

Dès que nous avons constaté le dépôt des premières quantités de gallium, nous avons envisagé l'étude successive des variables de ce problème : dépôt en fonction du temps, courbe de température, agitation, densité de courant, etc...

Nous avons donc fait varier tel ou tel de ces facteurs, les autres restant fixes. Les résultats que nous avons obtenus, bien qu'intéressants et instructifs, ont présenté, dès le début, un défaut de reproductibilité assez déconcertant. Nous avons multiplié les expériences et les observations que nous avons faites nous ont permis de trouver l'origine de ces irrégularités : elles étaient dues à des défauts d'agitation auxquels nous avons par la suite pu porter remède.

Nous exposons ici la suite de ces opérations.

* * *

Nous décrirons pour commencer l'appareil que nous avions utilisé pour les derniers essais exposés au chapitre précédent et que nous avons été appelés à employer dans beaucoup d'autres opérations.

Le récipient d'électrolyse était un bécher de deux litres de forme haute, plongé dans un bain-marie chauffé par un réchaud muni d'un

thermostat. Le fond était garni de mercure en quantité suffisante pour en couvrir toute la surface, même sous agitation (environ 700 g de mercure) ; cette électrode, d'une surface de 88 cm^2, était réunie à l'extérieur par un fil métallique soudé dans un tube de verre. L'anode était une lame de platine de 100 cm^2. L'agitateur était constitué par une petite hélice en verre soudée à l'extrémité d'une baguette branchée sur le moteur d'un appareil d'agitation à vitesse variable (longueur de l'hélice : environ 2 cm). A chaque opération, l'appareil était garni de 1,2 litres de lessive « décomposée ».

1. **Etude du dépôt du gallium en fonction du temps.**

Cette étude a suivi immédiatement les derniers essais que nous avons exposés. Nous pensions que le dépôt pouvait se ralentir considérablement avec l'abaissement de la concentration, mais ce premier essai a mis en évidence une courbe presque rectiligne.

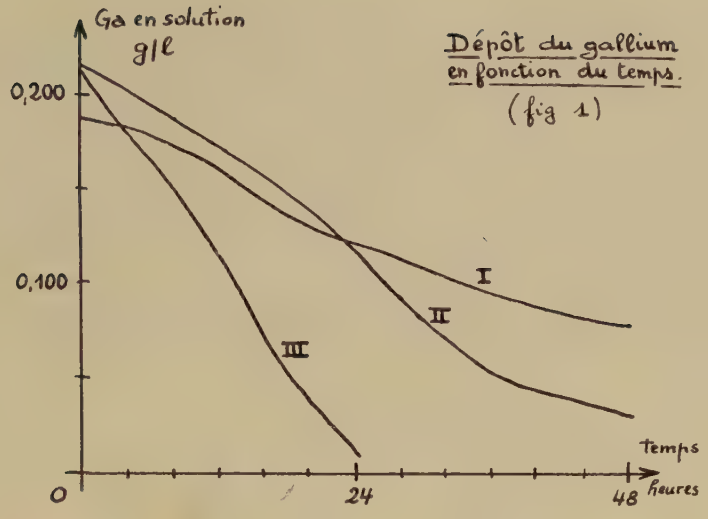
Les conditions de l'opération, adoptées à la suite des premières expériences, étaient les suivantes :

— Température : 60° C
— Intensité : 2 A (soit 2,3 A/dm^2 à la cathode)
— Tension aux bornes : 4,7 à 4,8 V
— Agitateur à quelques centimètres du mercure et tournant assez rapidement.

Nous avons prélevé de petits échantillons (quelques centimètres cubes) toutes les 4 heures, de 0 à 48 heures, et avons obtenu les résultats suivants :

Heure	Ga en solution, g/l	Heure	Ga en solution, g/l
0	0,187	28	0,117
4	0,178	32	0,107
8	0,174	36	0,098
12	0,162	40	0,091
16	0,143	44	0,085
20	0,128	48	0,081
24	0,122		

Ces résultats ont été rassemblés sur le graphique de la figure 1, courbe I. On peut y constater un dépôt à peu près proportionnel au temps ; cependant, nous ne sommes pas allés jusqu'à l'épuisement en gallium de la lessive.



Dépôt du gallium en fonction du temps. (fig 1)

2. **Influence de la température.**

Nous avions fait les derniers essais à 60°, pensant ainsi favoriser le dépôt du gallium aux dépens de celui du sodium, plus électronégatif. Cependant, cela aurait pu favoriser le dépôt de l'hydrogène aux dépens de celui du gallium. Seule, l'expérience pouvait donc nous fixer.

Nous avons fait 3 essais, à 25, 60 et 80° C, en conservant par ailleurs les conditions de l'opération précédente. Le temps d'électrolyse a été chaque fois de 20 heures.

Voici les résultats que nous avons obtenus :

Température ° C	Ga déposé en 20 h (g)
25°	0,024
60°	0,063
80°	0,003

Une température moyenne semblait donc plus favorable. Jusqu'à d'autres essais nous permettant de délimiter avec plus de précision la zone de température la plus intéressante, nous avons donc adopté la valeur de **60° C.**

3. **Influence de l'agitation.**

Dans les essais précédents, l'hélice de l'agitateur, tournant assez rapidement, était placée à quelques centimètres au-dessus du mercure. Nous avons fait deux premiers essais afin de déterminer si une agitation faible ou forte était préférable. Dans le premier essai, l'hélice se trouvait à mi-hauteur dans la lessive, provoquant cependant des remous apparents à la surface du mercure — dans le deuxième essai, l'hélice était placée à quelques millimètres du mercure qu'elle agitait énergiquement (agitation « moyenne »).

Les résultats ont été les suivants, toutes les autres conditions restant celles de l'essai précédent et la température étant de 60° :

Agitation	Ga déposé en 20 h (g)
Faible	0,018
Moyenne	0,105

Une agitation énergique étant donc nettement plus favorable, nous l'avons appliquée dans les essais suivants, en la réglant pour chaque opération dans des conditions aussi précises que possible.

4. **Nouvelle étude du dépôt du gallium en fonction du temps.**

Mettant à profit les améliorations récentes apportées à l'agitation, nous avons tracé une nouvelle courbe des dépôts de gallium en fonction du temps. Les conditions étaient les mêmes que celles de l'essai précédent et l'opération a duré 48 heures avec prélèvement d'échantillons toutes les 4 heures.

Heure	Ga en solution, g/l	Heure	Ga en solution, g/l
0	0,218	28	0,089
4	0,200	32	0,071
8	0,190	36	0,054
12	0,170	40	0,050
16	0,156	44	0,040
20	0,140	48	0,036
24	0,120		

La courbe II du graphique de la figure 1 représente ces variations. Elles confirment assez bien la proportionnalité avec le temps du dépôt du gallium, constatée lors de l'établissement de la courbe I.

5. Nouvelles observations sur l'agitation.

Nous avons complété les observations décrites ci-dessus (§ 3) par trois nouveaux essais, en réglant la position de l'hélice : d'abord comme pour le meilleur des deux précédents essais (à quelques millimètres du mercure), puis frôlant le mercure, enfin plongeant dedans, c'est-à-dire donnant des agitations de plus en plus fortes. Les autres conditions restaient inchangées et la durée était encore de 20 heures par opération :

Agitation	Ga déposé en 20 h (g)
Moyenne	0,067
Forte	0,214
Très forte	0,240

Le meilleur rendement est donc obtenu par une agitation très forte de la cathode. Dans ces conditions, on constate de brusques variations de la tension aux bornes dues à la rupture, de temps à autre, de la continuité du volume du mercure. Notons également que le mercure, énergiquement brassé, se divise en fines particules donnant en fin d'opération une boue noire de mercure pulvérisé, difficile à récupérer.

D'autre part, comparant les trois opérations faites avec une agitation « moyenne », on constate une certaine infidélité dans les résultats obtenus en 20 heures, due sans doute à la difficulté de reproduire exactement les mêmes conditions d'agitation d'un essai à l'autre :

	Ga déposé
Essai du paragraphe 3 :	0,105 g
» » » 4 :	0,094 g
» » » 5 :	0,067 g

6. Premières observations sur la densité de courant cathodique.

Les observations suivantes ont eu pour but de nous orienter sur le rôle de la densité de courant cathodique. Retenant les conditions d'agitation les plus favorables trouvées à l'essai précédent, nous avons

comparé les résultats obtenus avec trois densités de courant différentes : plus faible, égale ou plus forte que celle des opérations précédentes. La température était toujours de 60° et la durée de 20 heures par essai.

D. de courant cathodique A/dm²	Ga déposé en 20 h (g)
3,2	0,115
2,3	0,240
1,0	0,690

Ces résultats étaient extrêmement intéressants, montrant l'avantage que l'on a à diminuer la densité de courant cathodique. Nous avons décidé de les contrôler avant de faire de nouvelles recherches pour améliorer encore la densité de courant ou les autres variables.

Avant de continuer, disons un mot du nouvel appareil que nous avons utilisé à partir de ce moment-là. Le principe en est resté le même que celui de l'appareil que nous utilisions jusqu'alors mais nous avons adopté un récipient plus important : un bécher de 5 litres. La surface du fond (cathode) en était de 200 cm², nécessitant environ 2 kg de mercure et le volume de lessive traitée était de 4 litres par opération.

7. **Nouvelle étude du dépôt du gallium en fonction du temps.**

Retenant les conditions les plus avantageuses de l'essai précédent (soit 1 A/dm² cathodique, 60° C et une agitation énergique), nous avons tracé une nouvelle fois la courbe du dépôt de gallium en fonction du temps. La durée de cet essai a encore été de 48 heures, avec prélèvement d'échantillons toutes les 4 heures.

Heure	Ga en solution, g/l	Heure	Ga en solution, g/l
0	0,214	28	0,009
4	0,180	32	—
8	0,150	36	—
12	0,120	40	—
16	0,070	44	—
20	0,040	48	0,009

Ces valeurs représentées par la courbe N° III sur la figure 1 donnent un graphique de même aspect que celui des opérations précédentes. Nous avons obtenu ici l'épuisement pratique de la lessive et nous pouvons noter que le ralentissement pour le dépôt des dernières quantités de gallium est peu sensible.

Le poids de gallium obtenu en 20 heures a été de :

$$(0{,}214 - 0{,}040)\ 4 = 0{,}696 \text{ g.}$$

8. **Essais de fidélité.**

Bien que le résultat précédent — 0,696 g en 20 heures — confirme très bien celui du paragraphe 6 — 0,690 g — nous avons fait une série d'essais afin de nous assurer de la fidélité des résultats d'extraction. Chaque opération a duré 20 heures, les conditions de l'électrolyse étant exactement celles de l'opération précédente.

Essai N°	Ga déposé en 20 h (g)
1	0,50
2	0,28
3	0,24
4	0.,35
5	0,27
6	0,50
7	0,38
8	0,23
9	0,30

Ces résultats étaient assez décevants ; nous avons alors pensé à modifier l'agitation en mettant une hélice de plus grand diamètre et tournant plus lentement, de façon à agiter suffisamment le mercure sans rompre la continuité de son volume.

Le problème de l'agitation des cathodes en mercure est d'ailleurs important et a préoccupé les praticiens de l'analyse électrolytique avec ces cathodes. Nous avons consulté avec profit certains articles parus sur ce sujet (voir N^{os} [1204], [1205], [1206], [1207], [1208], [1209], [1210]).

La nouvelle hélice en verre que nous avons faite balayait un diamètre de 36 mm et tournait à 3 à 4 tours par seconde en frôlant la surface du mercure.

9. Nouveaux essais de fidélité.

Ils ont été faits avec l'agitation que nous venons de décrire, sans modification des autres conditions et ont donné les résultats suivants :

Essai N°	Ga déposé en 20 h (g)	Essai N°	Ga déposé en 20 h (g)
1	0,54	11	0,30
2	0,34	12	0,42
3	0,54	13	0,48
4	0,53	14	0,37
5	0,44	15	0,13
6	0,46	16	0,43
7	0,50	17	0,34
8	0,57	18	0,32
9	0,48	19	0,47
10	0,56	20	0,36
		21	0,28

La reproductibilité semblait un peu meilleure dans l'ensemble, les deux tiers des résultats étant compris entre 0,42 et 0,57 g. Il y avait cependant encore trop de résultats faibles, appelant de nouveaux efforts pour améliorer l'agitation.

10. Nouvelles modifications de l'agitation et essais de fidélité.

L'agitateur a été descendu dans le mercure, tout près du fond du récipient. Sa vitesse a été réduite à 2 tours par seconde. Nous avons obtenu les dépôts suivants :

Essai N°	Ga déposé en 20 h (g)
1	0,51
2	0,48
3	0,44
4	0,39
5	0,61
6	0,50
7	0,50

Ces résultats avaient une moyenne un peu plus élevée que les précédents mais présentaient encore des écarts trop élevés.

11. **Dernières modifications de l'agitation et essais de fidélité.**

Nous avons alors fabriqué un nouvel agitateur en forme de T, dont la partie horizontale était cylindrique et non plus aplatie en forme d'hélice comme jusqu'à présent : ceci afin d'éviter de projeter le mercure en petites particules divisées, mais plutôt de le balayer en l'écrasant pour libérer sa surface du gallium produit. Cet agitateur, agissant sur presque toute la surface du mercure, y a été plongé de 2 à 3 mm, c'est-à-dire tout près du fond du récipient. Sa vitesse de rotation a été fixée à 2 tours par seconde.

Dans ces conditions, il ne s'est plus produit de divisions dans la masse du mercure et on n'a plus trouvé de boues mercurielles en fin d'opération.

Les résultats sont par contre devenus beaucoup plus réguliers :

Essai N°	Ga déposé en 20 h (g)	Essai N°	Ga déposé en 20 h (g)
1	0,62	6	0,55
2	0,60	7	0,51
3	0,60	8	0,56
4	0,59	9	0,56
5	0,55	10	0,53

Nous trouvant près des conditions idéales pour l'agitation, nous avons voulu rechercher si un bénéfice pouvait être encore obtenu dans ce domaine, en augmentant ou en diminuant légèrement la vitesse de rotation. A titre de comparaison, nous avons fait un essai sans agitation :

Opération faite	Ga déposé en 20 h (g)
Pas d'agitation	0,03
1 tour/sec.	0,15
2 tours/sec.	0,57
3 tours/sec.	0,51

Nous avons donc arrêté les conditions d'agitation telles que nous les avons exposées au début de ce paragraphe.

Si l'on utilise un appareil différent — et notamment à l'échelle industrielle — ces conditions devront sans doute être modifiées. L'idée principale qu'il nous paraît important de retenir, c'est que l'effet de l'agitation doit être de balayer toute la surface de la cathode assez énergiquement, mais sans aller jusqu'à diviser le mercure en particules séparées.

En effet, comme nous le verrons lors d'essais faits à plus basse température, la séparation de gouttelettes de la phase principale entraîne aussitôt une baisse de rendement. Ce phénomène s'explique bien si l'on pense que ces particules sont mal reliées électriquement à la cathode et qu'elles ont tendance à laisser la lessive attaquer le gallium qu'elles contiennent, et ceci d'autant plus que ces gouttelettes, plus petites, offrent une surface d'attaque plus grande.

Comme nous aurons l'occasion de le signaler encore, une agitation trop énergique a également tendance à produire du mercure très finement divisé, difficile à récupérer en fin d'opération car il a tendance à rester en suspension dans la lessive.

Conclusion.

Comme nous le disions au début de ce chapitre, cette étude a été presque uniquement expérimentale ; elle nous a cependant permis de nous orienter vers de meilleurs rendements et d'obtenir dans nos essais la fidélité indispensable.

Pour les essais suivants, nous repartirons de cette base plus solide ; elle nous permettra une étude plus sûre des diverses variables influençant les rendements.

CHAPITRE IV

ÉTUDE RATIONNELLE DES DIVERSES VARIABLES

Au cours des précédents essais, nous avons déterminé expérimentalement les meilleures conditions d'agitation, qu'il est impossible de prévoir par des calculs ou des mesures précises. Nous avons également amélioré expérimentalement certains des autres facteurs influençant le rendement des opérations.

Ce sont ces facteurs que nous allons étudier de plus près au cours de ce chapitre.

* * *

Nous dirons d'abord quelques mots sur les différentes notions de rendement qui ont retenu notre attention.

Lors d'une électrolyse en laboratoire, deux rendements doivent être considérés :

1° **le rendement en quantité d'électricité.**

2° **le rendement en quantité d'énergie.**

L'industriel y ajoute en général deux valeurs que l'on peut également appeler — quoique improprement — des « rendements » :

3° **le rendement de l'énergie** ou plutôt le poids de métal déposé par unité de quantité d'énergie (frais de fabrication).

4° **le rendement en temps** ou plutôt le poids de métal déposé par unité de temps pour un appareil de dimensions données (frais d'investissement).

Parmi ces valeurs, seules les deux premières ont une valeur scientifique ; mais les deux dernières dérivant d'elles permettent mieux de calculer le prix de revient du métal produit.

Au cours de nos essais, nous avons suivi l'évolution de la première, de la troisième et de la quatrième de ces valeurs, cherchant à les améliorer le plus possible. Quant à la seconde, nous avons dû renoncer à la calculer, en raison du manque de connaissances sur

l'état de complexe et les chaleurs de formation des gallates. Nous avons trouvé une intéressante étude de *Brintzinger* et *Wallach* [6,9] sur l'état des ions gallate, présents vraisemblablement sous la forme :

$$[Ga_2 (OH)_8]''$$

mais ces renseignements sont insuffisants.

* * *

Dans les essais que nous allons décrire, nous avons été appelés à effectuer de nombreuses mesures de potentiels statiques ou dynamiques d'électrode. Indiquons rapidement la méthode employée pour ces mesures.

Nous avons utilisé une électrode de référence au calomel contenant ClK en solution normale. Nous l'avons placée dans un tube contenant le liquide de jonction (ClK N) muni d'un siphon assez long pour atteindre le fond des récipients d'électrolyse.

Le potentiel de l'ensemble :

électrode à étudier — liquide de jonction — électrode de référence a été mesuré au moyen d'un pH mètre, utilisé comme voltmètre à lampe. Nous avons fait l'étalonnage de la graduation de cet appareil par la méthode d'opposition, au moyen d'une pile et d'un potentiomètre à fil.

Nous avons retenu pour la force électromotrice de l'électrode au calomel par rapport à l'électrode à hydrogène la valeur suivante :

$$0{,}2816 - 0{,}00024\ (t^\circ - 25)\ \text{volt.}$$

* * *

1. **Etude du potentiel statique du gallium dans les lessives industrielles d'aluminate de soude — Rôle de la concentration, du rapport Na_2O/Al_2O_3 et de la température.**

Si le potentiel de dépôt du gallium d'une solution qui en renferme est sans doute plus élevé que son potentiel statique dans la même solution, il est cependant probable que les variations du premier de ces potentiels avec la concentration ou la température se feront parallèlement à celles du second.

La connaissance de l'allure générale de ces variations étant très intéressante, nous avons effectué toute une série de mesures de potentiels statiques du gallium, en faisant varier les températures et les concentrations dans les limites entre lesquelles nous pouvons les rencontrer dans une usine d'alumine utilisant le procédé *Bayer*.

Nous avons donc effectué les mesures :

1° Entre 20 et 85°.

2° Avec des lessives de concentrations diverses, et de rapport Na_2O/Al_2O_3 égal à 4,7 environ, c'est-à-dire avec des lessives « décomposées » plus ou moins concentrées (lessives d'attaque de la bauxite) ou diluées (eaux de lavage).

3° Avec une lessive à la même concentration en soude qu'une lessive décomposée, mais de rapport Na_2O/Al_2O_3 égal à 2 environ, c'est-à-dire avec une lessive avant la décomposition.

Voici les résultats que nous avons obtenus :

N°	Na_2O g/l	Na_2O/Al_2O_3	20°	40°	60°	85°
1	365	4,7	—1,17 V	—1,32 V	—1,37 V	—1,40 V
2	243	4,7	—1,12	—1,16	—1,29	—1,36
3	145	4,7	—1,10	—1,12	—1,17	—1,32
4	145	2,05	—1,10	—1,12	—1,17	—1,32
5	72	4,7	—1,08	—1,10	—1,14	—1,28
6	29	4,7	—1,04	—1,08	—1,11	—1,25
7	15	4,7	—1,01	—1,02	—1,06	—1,19
8	1,5	4,7	—0,97	—0,99	—1,01	—1,14

Ces résultats ont été rassemblés sur le graphique de la figure 2. On pourra y constater les faits essentiels suivants :

1° Le potentiel statique du gallium augmente avec la température ; la courbe présente une inflexion assez prononcée qui correspond au début de l'attaque visible du gallium par l'électrolyte. A des températures inférieures, le métal ne paraît pas réagir chimiquement sur la lessive.

2° Le potentiel statique du gallium augmente avec la concentration en soude. L'attaque du métal se produit à des températures plus basses pour les lessives assez concentrées en soude. Mais au-dessous d'une certaine teneur en Na_2O, la température de début d'attaque semble ne plus varier beaucoup quand la concentration continue à diminuer.

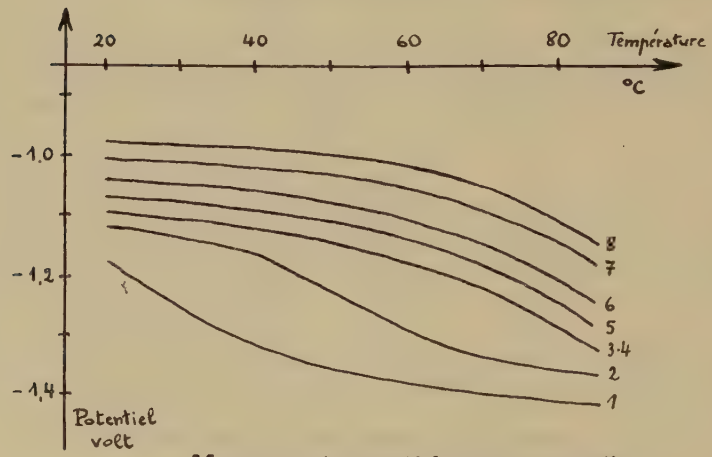
3° La présence de quantités plus ou moins élevées d'alumine, dans les limites entre lesquelles elles varient à l'usine, ne modifie pas le potentiel statique du gallium.

On peut déduire de ces indications qu'il y aura intérêt à effectuer l'électrolyse :

— à des températures inférieures au début de l'attaque du gallium par la lessive utilisée ;

— avec une lessive plutôt diluée ;

— avec une lessive déjà décomposée plutôt qu'avec une lessive plus riche en alumine afin d'éviter le dépôt d'hydrate d'alumine au cours de l'électrolyse.



Variations du potentiel statique du gallium dans les lessives d'aluminate de soude en fonction de la température et de la concentration

(fig 2)

L'expérience nous a permis de vérifier ces hypothèses, sauf en ce qui concerne la température, sur laquelle nous reviendrons. Il est possible de traiter des lessives non décomposées, en s'entourant de précautions afin d'éviter la présence de petits cristaux d'alumine hydratée pouvant amorcer la décomposition.

En ce qui concerne la concentration, nous nous en sommes tenus à celle des lessives au moment de la décomposition, car c'est l'état le plus dilué par lequel passe régulièrement la majeure partie des lessives, et parce que les diverses eaux de lavage risqueraient de présenter trop d'instabilité dans leurs débits ou leurs concentrations.

2. **Etudes sur la densité de courant et le potentiel cathodiques.**

Nous avons d'abord effectué une série d'opérations avec des densités de courant de plus en plus faibles, jusqu'à brusque diminution du dépôt de gallium.

Les conditions de ces essais étaient les suivantes :

— Nature de l'électrolyte : lessive « décomposée », à environ 145 g/l Na_2O et 0,15—0,18 g/l Ga.

— Même appareil que précédemment (bécher de 5 litres ; 4 litres de lessive ; surface de la cathode : 200 cm^2) avec l'agitation décrite à la fin du chapitre précédent.

— Température : 50° C et anode en nickel de 50 cm^2 (nous reviendrons sur ces questions).

Les résultats ont été les suivants :

D. de courant A/dm^2	Ga obtenu en 20 h (g)
1,00	0,460
0,75	0,560
0,75	0,508
0,50	0,564
0,45	0,556
0,45	0,528
0,40	0,520
0,30	0,150
0,25	0,048

Ces résultats nous montrent :

— qu'au-dessous d'une certaine densité de courant à la cathode, aux environs de 0,4 A/dm^2, le rendement diminue brusquement ;

— qu'il n'y a pas intérêt à élever la densité de courant au-dessus de cette valeur pour accélérer le dépôt de gallium. Ceci est bien explicable : en élevant en effet la densité de courant, on favorise le dépôt du sodium, très électronégatif, aux dépens de celui du gallium.

Nous avons cherché à fixer avec plus de précision et de certitude la valeur limite de la densité du courant. En effet, puisqu'il n'y a pas intérêt à élever cette variable, il vaut mieux la maintenir aussi réduite que possible, pour économiser le courant électrique.

Nous nous sommes aperçus, au cours de quelques essais complémentaires faits avec des densités de courant à la cathode comprises entre 0,45 et 0,30 A/dm², que les résultats devenaient incertains à 0,40 A/dm² et au-dessous. C'est ainsi qu'effectuant deux fois consécutives une opération avec 0,40 A/dm² nous avons extrait les poids suivants de gallium en 20 heures :

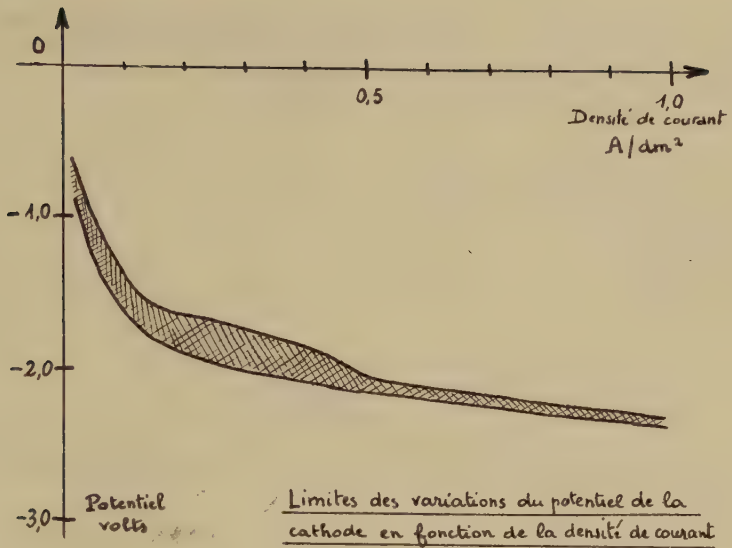
0,510 g
0,044 g

Heureusement, au cours de ces essais comme au cours de ceux que nous exposions au début de ce paragraphe, nous avions fait de nombreuses mesures de potentiels d'électrode.

Nous nous sommes ainsi aperçus que le potentiel de la cathode n'était pas lié rigoureusement à la densité de courant cathodique, mais que pour chaque valeur de cette dernière il pouvait, d'une opération à l'autre, varier entre certaines limites ; nous supposons que cela peut être dû à l'état de pureté du mercure, ou peut-être à certaines variations inappréciables par ailleurs dans l'agitation. De toute façon, lorsque nous avons eu un dépôt normal de gallium (0,50 à 0,60 g en 20 heures) **le potentiel de la cathode n'a jamais été inférieur à 1,90 V,** alors qu'à 1,85 V le rendement tombait brusquement (0,044 g, essai indiqué ci-dessus).

Voici les variations que nous avons trouvées pour le potentiel de la cathode, en fonction de la densité de courant :

Cathode	
D. de courant A/dm²	Potentiel volts
1,00	—2,30 à —2,36
0,75	—2,20 à —2,30
0,50	—2,06 à —2,10
0,45	—1,95 à —2,10
0,40	—1,85 à —2,05
0,35	—1,82 à —2,04
0,30	—1,75 à —2,00
0,25	—1,65 à —1,95
0,15	—1,58 à —1,82
0,10	—1,27 à —1,55
0,050	—1,00 à —1,30
0,025	—0,65 à —0,90



Limites des variations du potentiel de la cathode en fonction de la densité de courant

(fig. 3)

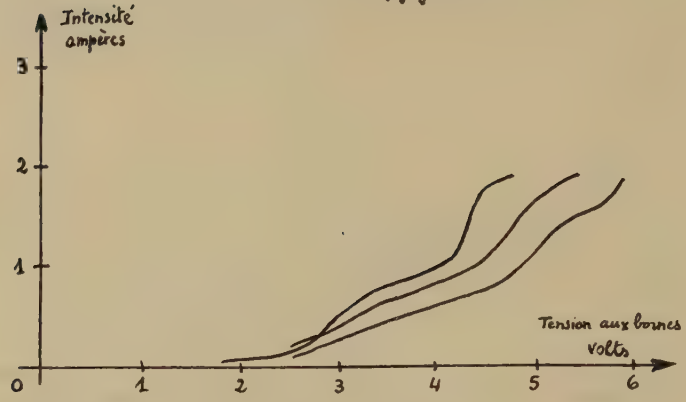
Ces valeurs sont représentées sur le graphique de la figure 3. On y voit que si l'on se fixe pour le potentiel de la cathode une valeur légèrement au-dessus de 1,90 V, par exemple 1,95 V, on doit pouvoir effectuer des extractions avec des intensités assez faibles. Nous avons vérifié cela en faisant une opération à **potentiel cathodique constant,** à 1,97 V. Nous avons dû, pour maintenir ce potentiel, faire varier la tension aux bornes, et par conséquent, la densité de courant : cette dernière a ainsi évolué entre 0,30 et 0,40 A/dm², avec une moyenne d'environ 0,35 A/dm². La production de gallium a été bonne :

0,508 g en 20 heures.

Ces résultats nous apprennent donc que l'on doit effectuer les extractions électrolytiques du gallium **avec un potentiel cathodique minimum de 1,90 V.** Si l'on préfère éviter l'appareillage compliqué que représente un contrôle automatique de ce potentiel avec ajustage également automatique de la tension aux bornes, il semble que l'on puisse adopter **une densité de courant cathodique de 0,45 A/dm²**, ce qui nous assure un potentiel suffisant, pour un assez faible supplément dans la dépense de courant électrique (environ 20 Wh par gramme de gallium).

Nous noterons encore que le potentiel de la cathode varie peu avec le temps au cours d'une opération, du début à la fin du dépôt du gallium.

Variations de l'intensité avec la tension aux bornes.
(fig. 4)



Avant de continuer l'exposé de ces essais, nous signalerons, sur la figure 4, le tracé de quelques courbes tension-intensité. Nous n'en avions pas parlé plus tôt, car elles nous paraissent peu instructives, étant influencées par les nombreux constituants des lessives.

3. Etude complémentaire de l'influence de la température.

Des essais que nous avions exposés précédemment (chap. III, § 2), il ressortait qu'une température de 60° était plus favorable que 25° ou 80°. Cependant les courbes de potentiel statique du gallium (fig. 2, p. 56) semblent nous inviter à pratiquer le dépôt à la température la plus basse possible.

Nous avons examiné ce problème au cours de quelques essais que nous avons faits, entre 25 et 70°, avec une densité de courant cathodique de 0,45 A/dm². Ils ont donné les résultats suivants :

Température	Ga déposé en 20 h (g)
25°	0,34
40°	0,55
50°	0,56
70°	0,40

On constate, ce qui était à prévoir, que le rendement est moins bon à 70°. Mais l'essai à 25° est également moins bon qu'aux températures moyennes, ce qui confirme nos précédentes expériences, mais semble en contradiction avec la diminution du potentiel de Ga à basse température.

L'explication de cette baisse de rendement à 25° est simple : à basse température on favorise le dépôt du sodium, plus électronégatif que le gallium ; c'est ce que nous avons pu vérifier très nettement dans la pratique. Nous avons, d'autre part, constaté à cette température une « pulvérisation » importante du mercure, phénomène très bien expliqué par les observations de *Bredig* et *Haber* [1203] que nous avons déjà eu l'occasion de signaler.

Il convient donc de se tenir à des températures de 40 à 50°, ce qui sera facile à l'échelle industrielle car ce sont précisément les températures de fin de décomposition.

Dans le cadre de l'étude sur la température, nous signalerons encore au sujet des densités de courant les constatations suivantes :

— la courbe densité de courant-potentiel cathodique ne paraît pas influencée par la température. En effet, quand la température varie, on ne sort pas des limites visibles sur le graphique N° 3 :

— les variations du potentiel anodique avec la densité de courant paraissent au contraire assez influencées par la température. Nous verrons cette question un peu plus loin.

4. Etude sur la densité de courant anodique.

L'ensemble des conditions de nature à influencer les rendements nous semblant réglées, nous avons quelque peu étudié le problème de l'anode.

En effet, tout d'abord sa constitution joue un rôle dans la consommation d'énergie électrique. Depuis de nombreux essais, nous avions déjà remplacé les anodes en platine des premières opérations par des anodes en nickel, afin de mettre à profit la faible surtension d'oxygène de ce métal.

De plus, la surface de l'anode joue également un rôle dans l'économie des opérations : en effet, l'augmentation de cette surface peut faire diminuer le potentiel anodique, par abaissement de la surtension d'oxygène, et par conséquent diminue encore la consommation d'énergie électrique.

D'autre part, nous nous demandions si les variations de la densité de courant anodique pouvaient avoir une influence sur les phénomènes cathodiques, la densité et le potentiel de la cathode étant donnés et restant constants.

L'expérience nous a montré que l'on a intérêt à diminuer la surface de l'anode, le rendement à la cathode augmentant nettement avec

la densité de courant anodique. Nous avons en effet obtenu les résultats suivants (avec par ailleurs 0,45 A/dm² à la cathode et 50° C) :

D. de courant anodique A/dm²	Ga déposé en 20 h g
0,25	0,12
0,9	0,45
3,6	0,52
20	0,68
30	0,70

Nous avons donc adopté une anode de très petites dimensions, afin d'avoir une densité de courant élevée. Dans la pratique, nous avons été amenés à faire varier cette surface, la densité de courant allant de 20 à 60 A/dm² : ceci afin de maintenir aux bornes une tension minimum de 3,8 volts, valeur qui s'est révélée nécessaire à une bonne marche des opérations.

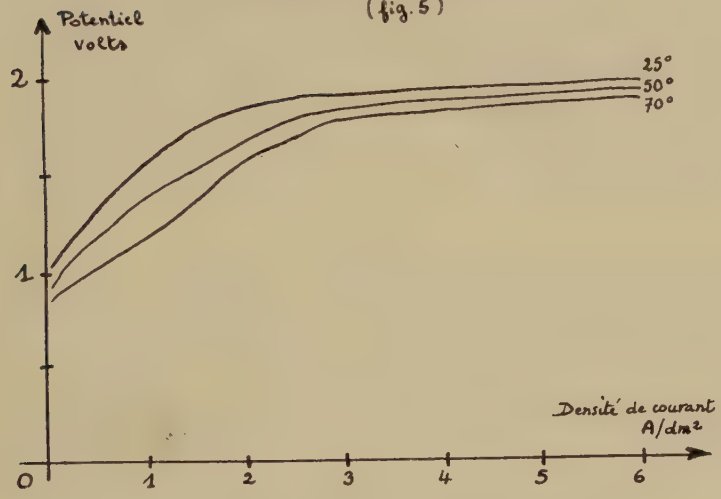
Nous donnons pour terminer les valeurs des potentiels anodiques que nous avons trouvés à diverses densités de courant et diverses températures. Ces valeurs semblent plus stables que celles de la densité de courant cathodique.

Anode			
D. de courant A/dm²	Potentiel (volts)		
	25°	50°	70°
6	1,98	1,92	1,90
4	1,95	1,90	1,88
3	1,95	1,88	1,80
2,5	1,93	1,80	1,70
2	1,90	1,68	1,60
1,8	1,85	1,62	1,55
1,6	1,82	1,55	1,45
1,3	1,75	1,50	1,30
1,0	1,60	1,42	1,20
0,6	1,40	1,25	1,07
0,3	1,18	1,10	0,95
0,1	1,02	0,92	0,85

Ces résultats ont été rassemblés sur le graphique de la figure 5.

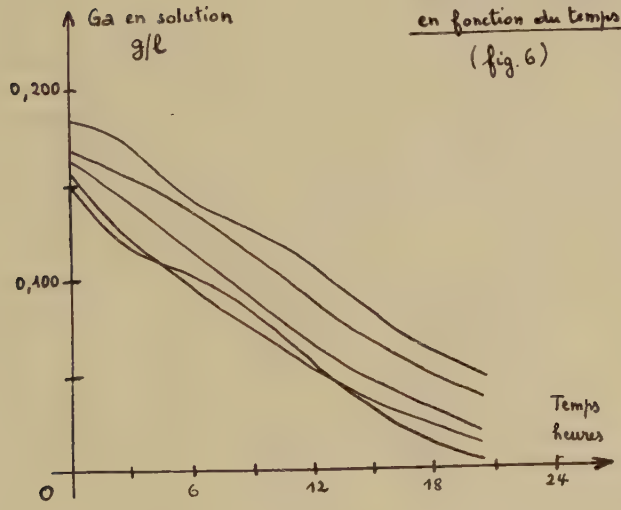
Variations du potentiel de l'anode en fonction de la densité de courant et de la température

(fig. 5)



Dépôt du gallium en fonction du temps.

(fig. 6)



5. Dépôt du gallium en fonction du temps.

Nous avons complété les enseignements du chapitre précédent (graphique N° 1) en traçant quelques nouvelles courbes de dépôt du gallium en fonction du temps, en mettant à profit l'amélioration des divers facteurs exposés au cours de ce chapitre.

Ces courbes ont été réunies sur le graphique de la figure 6. On pourra y relever un léger ralentissement dans le dépôt des dernières quantités de gallium d'une lessive, ce qui nous engage à arrêter les opérations d'électrolyse avant l'épuisement de l'électrolyte, par exemple lorsque les deux tiers du métal contenu ont été déposés.

6. Capacité en gallium des cathodes de mercure.

Il n'est pas nécessaire d'extraire après chaque opération d'électrolyse le gallium déposé dans le mercure. On peut en effet utiliser la même cathode pour un assez grand nombre d'opérations, au cours desquelles le gallium s'y accumule. Nous avons ainsi pu aller jusqu'à une teneur d'environ 1 % en poids de gallium dans le mercure avant de constater une baisse dans le rendement.

Il y a d'ailleurs intérêt à opérer ainsi, de façon à avoir le moins possible à manipuler et à déplacer le mercure.

7. Chute ohmique.

Quelques mots encore sur l'énergie dépensée par effet Joule au cours des opérations. Lors de nos essais, nous avons fréquemment mesuré la tension aux bornes, en même temps que le potentiel des deux électrodes ; la somme de ces deux potentiels, ou force contre électromotrice, déduite de la tension aux bornes, permet assez bien de calculer la consommation de courant par chute ohmique. Nous en avons déduit la résistance du liquide ; cette valeur diminue avec l'intensité. Voici quelques valeurs trouvées pour notre appareil, la distance anode-cathode étant de 15 cm environ :

Intensité ampères	Résistance ohms
0,55	0,44
0,80	0,39
0,90	0,36
1,00	0,36
1,20	0,36
1,50	0,26

Quelques essais de mesure de la résistance de l'électrolyte en courant alternatif ont donné des variations analogues, mais avec des valeurs un peu plus élevées. Cela peut bien s'expliquer car nous avons utilisé du courant à 50 périodes, qui laisse sans doute quelques phénomènes chimiques se produire. Pour faire des mesures plus précises, il faudrait disposer de courants à beaucoup plus haute fréquence.

Ce qu'il convient de retenir, c'est surtout que la résistance ohmique peut être diminuée notablement si l'on soigne les contacts.

Conclusions.

L'ensemble des conditions dans lesquelles doit s'effectuer le dépôt électrolytique du gallium à partir des lessives industrielles d'aluminate de soude nous semble donc maintenant défini. Nous donnerons un peu plus loin, à la fin de cet exposé, un résumé de ces conditions telles qu'elles ont été établies au cours de ce travail.

Nous obtenons ainsi régulièrement 0,4-0,5 g de gallium par jour et par décimètre carré de cathode avec 0,45 A/dm² à la cathode et une tension aux bornes de 3,8 à 4,2 volts, ce qui représente un **rendement en quantité d'électricité d'environ 5 %** et une **dépense d'énergie d'environ 90 Wh par gramme de gallium déposé.**

CHAPITRE V

OBTENTION DU GALLIUM MÉTALLIQUE ET OBSERVATIONS COMPLÉMENTAIRES

Dans l'exposé précédent, pour ne pas en rendre le texte trop confus, nous n'avons étudié que le dépôt du gallium sur le mercure. Nous avons ainsi momentanément laissé sous silence un certain nombre de points qui ont pourtant retenu notre attention tout au long de ces recherches :

— tout d'abord, l'extraction du gallium retenu par le mercure, jusqu'à l'obtention du gallium métallique libre ;
— ensuite, la consommation et la purification du mercure ;
— le dépôt de sodium et de silicium en même temps que celui du gallium ;
— la précipitation du vanadium au cours de l'électrolyse ;
— enfin, certaines modifications subies par les lessives au cours des opérations d'électrolyse.

1. Extraction du gallium retenu par le mercure.

L'un des corps réagissant le mieux sur le gallium est la soude caustique. On obtient du gallate de sodium qui est aussi l'un des composés de Ga les plus faciles à traiter pour isoler cet élément.

Nous avons ainsi résolu le problème de la récupération du gallium déposé dans le mercure en traitant ce dernier par une solution de soude caustique. La dissolution du gallium est facilitée par la présence de pièces en fer formant avec la solution alcaline et l'ensemble Hg + Ga une pile en court-circuit. La température doit être voisine de l'ébullition. Lorsque tout le gallium est passé en solution, le mercure s'oxyde légèrement en produisant des flocons noirâtres ; ceci peut servir d'indication de fin de réaction.

Il faut utiliser pour cette mise en solution du gallium la quantité juste nécessaire de soude caustique ; un excès serait en effet gênant

pour l'opération suivante. On peut retenir pour le rapport moléculaire Na_2O/Ga_2O_3 à obtenir en solution une valeur optimum d'environ 1,5.

Le gallium est alors extrait des solutions de gallate obtenues. Dans ce but, celles-ci, d'une concentration en Ga de 60 à 80 g/l, sont traitées par électrolyse avec cathode en métal inoxydable ou en gallium et anode en nickel, dans les conditions suivantes :

Densité de courant anodique : 3 A/dm²
Densité de courant cathodique : 150 A/dm²
Tension aux bornes : 5-6 V
Température : 70° C
Faible agitation.

On peut ainsi extraire la presque totalité (95 %) du gallium en solution avec un rendement en quantité d'électricité variant d'environ 80 % en début d'électrolyse à 10 % en fin d'électrolyse, avec une moyenne de 40 à 50 %. « Le dépôt ralentit ensuite beaucoup, puis s'arrête complètement lorsque la solution ne contient plus qu'environ 0,5 g/l Ga. »

Pour travailler toujours avec de bons rendements, on pourrait songer à ne déposer qu'une partie du gallium contenu dans les solutions, qui seraient ensuite à nouveau enrichies en gallium ; on constituerait ainsi un cycle dans lequel la soude caustique utilisée serait toujours la même. Cependant, nous avons constaté que ce n'est pas possible. Il s'est en effet déposé sur le mercure, en même temps que le gallium, d'appréciables quantités de silicium, qui se redissolvent dans la soude caustique en donnant du silicate de soude. L'électrolyte parviendrait ainsi rapidement à des teneurs en silice considérables.

Nous avons effectué à titre documentaire quelques mesures sur le gallium obtenu. Nous en donnons les résultats ci-dessous, avec en regard la valeur estimée actuellement la plus exacte :

Mesure effectuée	Valeur exacte	Notre résultat
Point de fusion	29°,75	29°,6 à 29°,8
D. à 25° (solide)	5,904	5,88
D. à 31° (liquide)	6,095	6,04
Surfusion		jusque — 3° C

Le degré de pureté du gallium obtenu a pu aussi être évalué au moyen de l'analyse spectrographique : celle-ci n'a révélé que de quelques centièmes à quelques millièmes de pour-cent d'impuretés, constituées principalement par du zinc.

Au cours de nos travaux de laboratoire, nous avons isolé un peu plus de 100 g de gallium métallique.

2. Consommation et purification du mercure.

Le mercure n'est pas attaqué et doit être récupéré intégralement en fin d'opération. Cependant, comme nous l'avons vu, une agitation mal réglée risque de pulvériser partiellement le mercure qui reste alors en suspension dans la lessive après l'électrolyse ; nous avons eu ainsi des pertes de ce métal s'élevant jusqu'à 1 % en 24 heures.

Dans de bonnes conditions d'agitation, il se produit très peu de pertes. Nous avons ainsi constaté une disparition de 0,1 % en 24 heures (soit environ 2 g de mercure par gramme de gallium déposé) que l'on a pu récupérer en grande partie par décantation de la lessive traitée.

Il y a d'ailleurs intérêt, en fin d'opération, à laisser reposer la lessive quelques minutes dans les cuves à électrolyse avant de la soutirer, afin de permettre le dépôt des petites quantités de mercure divisé dont on n'a pu éviter la formation.

Une certaine quantité d'impuretés — notamment du fer — s'accumule dans le mercure qu'il est nécessaire, au bout d'un certain temps, de purifier. Nous avons, en effet, constaté que le dépôt du gallium ne se produit plus lorsqu'un film d'impuretés se trouve à la surface du mercure, et ceci malgré l'agitation. Nous avons également constaté que lorsque le mercure est sale il a tendance à se pulvériser plus facilement.

Cette purification peut être faite par lavages, à l'acide nitrique et à l'eau, la distillation ne semblant nécessaire que pour les parties les plus impures, « écrémées » à la surface du mercure, ces fractions pouvant être dénommées « gros mercure » comme dans l'industrie de la soude électrolytique.

3. Dépôt de sodium et de silicium.

Tout au long de nos essais, nous avons obtenu, en même temps que le dépôt du gallium, le dépôt de quantités variables de sodium. Nous avons noté que ces dépôts diminuent aux températures élevées, aux basses densités de courant et aux fortes agitations. Ceci est tout à fait en accord avec le caractère très électronégatif de ce métal.

Dans les conditions les meilleures pour le dépôt du gallium, nous avons obtenu en 24 heures des dépôts de sodium d'un poids à peu près double de celui du gallium déposé. Mais si l'on accumule le gallium dans le mercure, en faisant servir la même cathode à plusieurs électrolyses successives, le sodium cesse rapidement de s'y accumuler ; en général on ne trouve qu'environ 1 pour 1000 de sodium dans le mercure.

Nous mentionnerons encore le dépôt, dont nous parlions tout à l'heure, de petites quantités de silicium. Ce dépôt se produit de façon

constante, en même temps que celui du gallium ; la quantité de Si déposé varie du dixième au vingtième de celle du gallium déposé.

4. Précipitation du vanadium au cours de l'électrolyse.

Dès le début de nos opérations d'électrolyse, nous avons obtenu au sein de la lessive un précipité brunâtre qui s'est révélé à l'analyse contenir beaucoup de vanadium. Nous avons fréquemment contrôlé par la suite les teneurs en vanadium de la lessive et du dépôt et avons pu établir les faits suivants :

Au cours de l'électrolyse des lessives d'aluminate de soude contenant des vanadates en solution, le vanadium pentavalent est réduit à l'état tétravalent et précipite, en totalité, sans doute sous la forme d'hydrate de V_2O_4. Cette réduction est rendue possible grâce à la forte surtension de l'hydrogène sur le mercure, augmentant l'action réductrice de l'hydrogène produit.

La précipitation du vanadium est beaucoup plus rapide que le dépôt du gallium ; elle est, par exemple, 4 fois plus rapide pour une lessive à 0,18 g/l Ga et 0,30 g/l V. Cette précipitation ne semble pas influencer le dépôt du gallium. Nous avons fait des essais afin de voir si le précipité, une fois formé, n'avait pas d'effet sur la suite du dépôt du gallium ; mais il s'est avéré sans influence.

Le fait que le dépôt du gallium n'est pas modifié par la précipitation du vanadium s'explique très bien : en effet, cette précipitation n'est qu'une réaction chimique, utilisant de l'hydrogène déjà déchargé à la cathode. Tout au plus ce pouvoir oxydant du vanadium pentavalent peut-il abaisser le potentiel de décharge de l'hydrogène.

L'analyse du produit vanadifère sec donne une teneur d'environ 50 % en V_2O_4, le reste comprenant de l'eau de constitution ainsi qu'un peu de Cr, Al et Na ; la teneur en P_2O_5 est très faible. Le précipité renferme souvent aussi de petites quantités de mercure, retenues mécaniquement, principalement lorsque l'agitation de la cathode a été mal réglée.

Dans l'industrie de l'alumine, on récupère à l'heure actuelle une partie du vanadium de la bauxite sous forme de vanadates de sodium. Mais les lessives d'aluminate de sodium ne laissent déposer que le vanadium qu'elles contiennent en sursaturation. Gardant une teneur élevée en vanadates, elles ne peuvent dissoudre que de petites quantités de vanadium lors de nouvelles attaques de bauxite : on récupère ainsi environ le dixième du contenu de la bauxite.

Au cours de nos opérations d'électrolyse, nous avons, au contraire, obtenu une extraction complète du vanadium des lessives, de sorte que celles-ci peuvent en dissoudre de beaucoup plus grandes quantités lors de nouvelles attaques de bauxite. C'est ce que nous avons pu

vérifier par des essais où environ 75 % du vanadium de la bauxite a pu être extrait.

Ces phénomènes nous paraissent extrêmement intéressants, car cette séparation du vanadium peut être facilement faite, et que le produit obtenu pourra trouver des débouchés immédiats, d'autant plus facilement qu'il est plus riche que les produits actuellement fabriqués.

5. **Observations sur les autres modifications subies par la lessive.**

A la fin des opérations d'électrolyse, la lessive a changé d'aspect : de jaune rougeâtre et limpide, elle est devenue trouble et brun verdâtre, tenant en suspension le précipité vanadifère dont nous venons de parler. Si l'on décante ou si l'on filtre cette lessive, on obtient un liquide jaune clair, beaucoup moins coloré que la lessive initiale. Si l'on prolonge l'électrolyse bien au-delà du dépôt du gallium, on obtient un liquide complètement incolore.

Dans l'état où elle se trouve en sortant de l'extraction du gallium, la lessive ne contient plus de vanadium. Parmi les impuretés qu'elle contenait, nous avons trouvé la teneur en Fe_2O_3 considérablement diminuée. Les teneurs de certaines autres impuretés ont également sensiblement diminué, notamment les matières organiques, et la silice que l'on retrouve sous forme de silicium dans le mercure.

Cette purification des lessives est très intéressante, car elle permet d'obtenir un hydrate d'alumine beaucoup plus pur, ne contenant notamment pratiquement plus de fer, qui est particulièrement recherché par certaines industries.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les essais que nous avons poursuivis nous ont permis d'établir un procédé pour extraire le gallium des lessives d'aluminate de soude au cours de la fabrication de l'alumine à partir de la bauxite. Ce procédé permet également la séparation de composés vanadifères riches, ainsi que l'élimination de certaines impuretés des lessives.

Voici le résumé des conditions de ce procédé, telles qu'elles ont été établies au cours de cette étude.

Les lessives d'aluminate de soude, contenant en solution des composés de gallium, sont soumises à l'électrolyse de la façon suivante :

Nature de la lessive :

Ce sera, de préférence, la lessive d'aluminate prise au moment de la décomposition (avant ou après).

Nature des électrodes :

Cathode en mercure.
Anode en nickel.

Température :

40 à 50° C.

Densité de courant et tension aux bornes :

Cathode : 0,45 A/dm², ou une valeur un peu inférieure, pourvu que le potentiel de la cathode ne soit pas inférieur à 1,9 volt (en valeur absolue, par rapport à l'électrode à hydrogène).

Anode : de l'ordre de 20 à 60 A/dm², de façon à avoir aux bornes une tension minimum de 3,8 volts.

Agitation :

Agitation du liquide et agitation de la surface du mercure aussi forte que possible, sans cependant aller jusqu'à la séparation de petites billes de mercure de la surface de la cathode. Nous sommes parvenus à ce résultat en faisant plonger de 2 à 3 mm dans le mercure un agitateur rectiligne horizontal, le récipient étant cylindrique et l'agitateur balayant toute la surface de la cathode ; pour un diamètre du récipient de 16 cm, la vitesse de l'agitateur était de 2 tours par seconde.

Le gallium se dépose sur le mercure et diffuse dans la masse de ce métal sous l'effet de l'agitation. C'est cette disparition du gallium de la surface de la cathode qui permet, par dépolarisation, le dépôt de nouvelles quantités de gallium.

On obtient ainsi 0,4 à 0,5 g de dépôt de gallium par décimètre carré de cathode et par 24 heures, la dépense de courant électrique étant d'environ 100 Wh, ou 25 Ah sous 4 volts, par gramme de gallium.

L'extraction du gallium dispersé dans le mercure se fera en traitant ce dernier, après l'avoir lavé à l'eau, par une solution de soude caustique, en présence de pièces en fer constituant avec le mercure et la solution une pile en court circuit, à une température voisine de l'ébullition. On obtient ainsi une solution de gallate de sodium.

Le mercure, séparé de la solution aqueuse, est récupéré pour de nouvelles électrolyses.

Le gallium est alors extrait de la solution de gallate par électrolyse (voir les conditions au chapitre précédent). Il y a lieu de prévoir, pour cette opération, une dépense supplémentaire de l'ordre de 20 à 25 Wh par gramme de gallium déposé.

La lessive d'où le gallium a été extrait a changé d'aspect. De jaune rougeâtre et limpide, elle est devenue trouble et de couleur brun foncé. Par décantation ou filtration, on obtient une lessive jaune clair et un précipité brun-vert foncé.

Le précipité renferme tout le vanadium contenu initialement dans la lessive. Le vanadium s'y trouve sous forme d'oxyde, vraisemblablement à l'état d'hydrate de V_2O_4. La teneur en V du produit sec est d'environ 30 %.

En plus de la perte du vanadium, la lessive a subi une véritable purification de certaines autres de ses impuretés, notamment du fer qu'elle contenait à l'état dissous sous forme de complexe.

* * *

Au cours d'une série de 24 essais, nous avons effectué une dernière vérification de ce mode opératoire. Elle a donné les résultats suivants :

Rendement en courant	min. 5,0 % max. 5,7 %
Energie consommée (Wh/g)	max. 88,5 min. 76,5
Ga déposé en 24 h par dm^2 de cathode	min. 0,464 g max. 0,536 g
Lessive traitée (moyenne)	Initiale 0,179 g/l Ga Finale 0,054 g/l Ga

Pour terminer cet exposé, nous donnerons une idée de la valeur des quantités qui seraient mises en jeu au cours de la production industrielle du gallium par le procédé que nous venons d'exposer.

En supposant pour le gallium un rendement d'attaque en autoclaves d'environ 90 % (nos analyses de boues rouges nous ont donné un rapport Al/Ga de 5 700, soit R = 93,5 %), nous aurions par exemple :

		En 24 heures	
Tonnage de référence de bauxite traitée, à 0,007 % Ga		10	t
Gallium produit		600	g
Volume de lessive à traiter, à 0,18 g/l Ga et 0,5 g/l V_2O_5		4,8	m^3
Cuve à électrolyse	Cathode	12	m^2
	Mercure . . . . environ	1	t
Energie consommée		60	kWh
Vanadium déposé (en V_2O_5) . . . . . environ		2,5	kg

Il y aurait lieu de placer les installations sous hangar couvert mais non fermé, en raison des dangers présentés par les vapeurs de mercure, ainsi que par les gaz (hydrogène et oxygène) dégagés au cours de l'électrolyse.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

PLAN DE L'INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Historique (1875-1900)

Géochimie - Minéralogie

Généralités

Préparation - Enrichissement - Purification

Physique de l'atome

Propriétés physiques

Propriétés électriques - Magnétisme

Electrochimie

L'ion Ga

Etudes cristallographiques (métal et combinaisons)

Alliages

Chimie du gallium - Généralités - Propriétés chimiques du métal - Oxyde - Composés divers
Hydrures
Composés halogénés
Nitrures
Composés organométalliques

Spectre - Etude du spectre - Analyse spectrale

Analyse chimique - Généralités - Réactions spécifiques - Séparations - Dosages
Méthodes de mesure physiques ou électriques

Biologie

Usages - Applications possibles

Brevets

Divers (ne concernant pas directement le gallium)

Historique (1875-1900)

1. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Caractères chimiques et spectroscopiques d'un nouveau métal, le gallium, découvert dans une blende de la mine de Pierrefitte, vallée d'Argelès (Pyrénées).** — Compt. Rend., 81,493 ; Arch. Sc. phys. et nat., 54,283 ; Chem. News, 32,159 ; Am. Chemist, 6,146 ; Pharm. J. Trans., 3,282, *1875.*
2. HUGO, L. — **Observation relative au choix du nom de gallium.** — Compt. Rend., 81,530, *1875.*
3. MENDELEJEFF, D. — **Remarques à propos de la découverte du gallium.** — Compt. Rend., 81,969 ; Chem. News, 32,293 ; Ber. D. Chem. Ges., 8,1680, *1875.*
4. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Sur quelques propriétés du gallium.** — Compt. Rend., 81. 1100 ; Chem. News, 32,294, *1875.*
5. DELACHANAL, MERMET. — **Nouveau tube spectro-électrique. Présence du gallium dans le zinc du commerce.** — Bull. Soc. Chim., 25,194, *1876.*
6. LOUGUININE. — **Correspondance de Saint-Petersb., 19.** — Bull. Soc. Chim., 25,295, *1876.*
7. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Marche à suivre dans les laboratoires pour extraire le gallium de ses minerais.** — Bull. Soc. Chim., 25,521, *1876.*
8. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Sur le spectre du gallium.** — Compt. Rend., 82,168, *1876.*
9. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Nouvelles recherches sur le gallium.** — Compt. Rend., 82,1036, *1876.*
10. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Extraction du gallium de ses minerais.** — Compt. Rend., 82,1098, *1876.*
11. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Nouvelles recherches sur le gallium.** — Bull. Soc. Chim., 26,433, *1876.*
12. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Sur les propriétés du gallium.** — Compt. Rend., 83,611, *1876.*
13. LECOQ DE BOISBAUDRAN. - **Nouveau procédé d'extraction du gallium.** — Compt. Rend., 83,636, *1876.*
14. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Réactions chimiques du gallium.** — Compt. Rend., 83,663 et 824, *1876.*
15. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Cristaux de gallium.** — Compt. Rend., 83,1044, *1876.*
16. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Recherches sur le gallium.** — Phil. Mag., 5,398 et 479, *1876.*
17. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Recherches sur le gallium.** — Arch. Sc. phys. et nat., 56,45 ; Chem. News, 34,150 ; Pogg. Ann., 158,494 et 159,649, *1877.*
18. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Extraction du gallium de la blende.** — Bull. Soc. Chim., 27,49, *1877.*
19. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Propriétés physiques du gallium.** — Ann. de chim. et phys., 5,100, *1877.*

20. MUIR, M. P. — **Propriétés du gallium.** — Phil. Mag., 5,281, *1877.*
21. LECOQ DE BOISBAUDRAN, JUNGFLEISCH. — **Extraction du gallium.** — Bull. Soc. Chim., 29,290 ; Compt. Rend., 86,475, *1878.*
22. LECOQ DE BOISBAUDRAN, JUNGFLEISCH. — **Observations sur le gallium.** — Compt. Rend., 86,577, *1878.*
23. DUPRÉ, A. — **Recherches sur le gallium.** — Compt. Rend., 86,720, *1878.*
24. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Poids atomique du Ga.** — Compt. Rend., 86,756, *1878.*
25. BERTHELOT, M. — **Sur les chaleurs spécifiques et la chaleur de fusion du gallium.** — Compt. Rend., 86,786 ; Ann. Chim. Phys., 5,242, *1878.*
26. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Sur l'équivalent du gallium.** — Bull. Soc. Chim., 29,385 ; Compt. Rend., 86,941, *1878.*
27. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Sur les alliages du gallium et de l'aluminium.** — Compt. Rend., 86,1240, *1878.*
28. REGNAULT, J. — **Influence de l'état physique du gallium sur son rôle électrochimique.** — Compt. Rend., 86,1457, *1878.*
29. JUNGFLEISCH, E. — **Séparation de l'indium et du gallium des blendes.** — Bull. Soc. Chim., 31,50, *1879.*
30. BERTHELOT, M. — **Sur les chaleurs spécifiques et la chaleur de fusion du gallium.** — Bull. Soc. Chim., 31,229, *1879.*
31. LIVEING, DEWAR. — **Spectre du gallium.** — Proc. Roy. Soc., 28,471, *1879.*
32. LOCKYER. — **Propriétés du gallium.** — Chem. News, 40,101, *1879.*

34. NILSON, L. F., PETTERSSON, O. — **Sur la chaleur et le volume moléculaire des terres rares et de leurs sulfates.** — Ber. Dtsch. Chem. Ges., 13,1451, *1880.*
35. DIEULAFAIT. — **Le zinc : son existence à l'état de diffusion (métaux associés).** — Compt. Rend., 91,1573, *1880.*
36. SCHUCHT, L. — **Contribution à l'étude de l'électrolyse.** — Berg- und Hüttenmänn. Ztg., 39,121, *1880.*
37. SCHUCHT, L. — **Etude électrolytique des métaux** (suite du précédent). — Chem. News, 41,280, *1880.*
38. CORNWALL. — **Gallium dans les blendes américaines.** — Am. Chem. Journ., 2,44, *1880.*
39. CORNWALL. — **Gallium dans les blendes.** — Chem. Ztg., 4,443, *1880.*
40. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Recherches sur les chlorures anhydres du gallium.** — Compte Rend., 93,294 et 329, *1881.*
41. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Réaction des sels de gallium.** — Compt. Rend., 93,815, *1881.*
42. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Oxychlorure de gallium cristallisé.** — Compt. Rend., 94,695, *1882.*
43. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Séparation du gallium.** — Compt. Rend., 94,1154-1227-1439-1625, *1882.*
44. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Sur la décomposition du protochlorure de gallium par l'eau.** — Compt. Rend., 95,18, *1882.*
45. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Séparation du gallium.** — Compt. Rend., 95,157-410-503-703-1192-1332, *1882.*
46. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Séparation du gallium.** — Journ. Chem. Soc., 42,1323, *1882.*

47. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Séparation du gallium.** — Compt. Rend., 96,152-1696-1838 ; Compt. Rend., 97,66-142-295-521-623-730-1463, *1883.*
48. RABUTEAU. — **Propriétés biologiques du gallium.** — C. R. Soc. Biol. Paris, 5,310, *1883.*
49. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Séparation du gallium.** — Compt. Rend., 98,711-781, *1884.*
50. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Sur la solubilité du prussiate de gallium.** — Comp. Rend., 99,526, *1884.*
51. SORET, C. — **Indice de réfraction des aluns cristallisés.** — Compt. Rend., 99,867 ; Arch. Sc. phys. et nat., 3,553, *1884.*
52. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Extraction du gallium des blendes. Séparation d'avec les autres éléments.** — Ann. Chim. Phys., II,176, *1884.*
53. CARNELLY. — **Propriétés des ions Ga.** — Philos. Mag. (5) 18,130, *1884.*
54. SORET, C. — **Indice de réfraction de quelques aluns cristallisés.** — Compt. Rend., 101,156, *1885.*
55. SORET, C. — **Aluns de gallium.** — Arch. Sc. phys. et nat., 13,5 et 14,96, *1885.*
56. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Alliages d'indium et de gallium.** — Compt. Rend., 100,701, *1885.*
57. GLADSTONE, J. H. — **Réfraction spécifique et réfraction atomique.** — Phil. Mag. (5), 20,162, *1885.*
58. EHRLICH, L. — **Préparation du gallium.** — Chem. Ztg., 9,78 ; Chem. News, 51,115, *1885.*
59. KUNERT, G. — **Dépôt électrolytique du gallium.** — Chem. Ztg., 9,1826, *1885.*
60. LINNEMANN, E. — **Découverte de l'« Austrium ».** — Monatshefte für Chemie, 7,121 ; Sitz. Ber. Ak. Wiss. Wien, 96,662, *1886.*
61. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Sur l'annonce de la découverte d'un nouveau métal, l'austrium.** — Compt. Rend., 102,1436, *1886.*
62. KUNERT, G. — **Préparation du gallium.** — Ber. Dtsch. Chem. Ges. 19, R. 7, *1886.*
63. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Sur la fluorescence rouge de l'alumine.** — Compt. Rend., 104,330, *1887.*
64. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Fluorescence rouge de la galline chromifère.** — Compt. Rend., 104,1584, *1887.*
65. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Sur un point de la chimie analytique du gallium.** — Ann. Chim. Phys., XI, 429, *1887.*
66. HAMPE, W. — **Sur les chlorures de gallium.** — Chem. Z. 11,1109, *1887.*
67. WILGERODT, C. — **Indium et gallium comme agents de transmission des halogènes.** — Journ. pr. Chem., 2,35, 142 et 391, *1887.*
68. SORET, C. — **Aluns de gallium.** — Arch. Sc. phys. et nat., 20,517, *1888.*
69. FRIEDEL, CRAFTS. — **Sur la densité de vapeur du perchlorure de gallium.** — Compt. Rend., 107,306, *1888.*
70. HAMPE, W. — **Sur les chlorures de gallium.** — Ann. d. Physik, 12,258, *1888.*
71. NILSON, L. F., PETTERSSON, O. — **Sur la densité de vapeur des chlorures de gallium, indium, etc.** — Z. physik Chem., 2,657 ; Compt. Rend., 107,526 ; J. chem. Soc., 53 814, *1888.*
72. RAMSAY, W. — **Propriétés du gallium.** — J. chem. Soc., 55,521, *1889.*
73. BARTLETT, F. L. — **Sources de gallium.** — J. chem. Soc. Ind., 8,896 ; Eng. and Mining Journ., 48,342, *1889.*

74. WINKLER, C. — **Action du magnésium sur l'oxyde de gallium.** — Ber. Dtsch. Chem. Ges., 23,772, *1890.*
75. RYDBERG, J. R. — **Séries spectrales.** — K. Svenska Vet. Akad. Handl., 23,11, *1890.*
76. CLARKE, F. W. — **Poids atomique des éléments.** — Chem. News, 63,76, *1891.*
77. LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Sur les spectres électriques du gallium.** — Compt. Rend., 114,815, *1892.*
78. WILDE, H. — **Spectres de Ga, In, Tl.** — Proc. Roy. Soc. London, 53,369, *1893.*
79. GLADSTONE, J. H. — **Réfraction spécifique et réfraction atomique.** — Phil. Mag. (5), 35,204, *1893.*
80. KIRTLAND. — **Indium et gallium dans les blendes des Nouvelles Galles du Sud.** — Austral. Ass. Adv. Sci., 266, *1893.*
81. RETGERS, J. W. — **Structure cristalline.** — Z. physik chem., 14,1, *1894.*
82. KIRTLAND. — **Gallium dans certains minéraux.** — J. Chem. Soc., 70,183, *1896.*
83. WYROUBOFF, G. — **Silicotungstate de gallium.** — Bull. Soc. Fr. Min., 19,342, *1896.*
84. POPE, W. J. — **Réfraction atomique et gallium.** — J. Chem. Soc., 69,1530, *1896.*
85. HARTLEY, W. N., RAMAGE, H. — **Gallium dans des minéraux courants.** — Proc. Roy. Soc., 60,35, *1896.*
86. GLADSTONE, J. H. — **Réfraction spécifique et réfraction atomique.** — Proc. Roy. Soc., 60,140, *1896.*
87. HARTLEY, W. N., RAMAGE, H. — **Gallium dans des minéraux courants.** — Proc. Roy. Soc., 60,393, *1896.*
88. WINKLER, C. — **Sur la découverte de nouveaux éléments.** — Ber. Dtsch. Chem. Ges., 30,6, *1897.*
89. HARTLEY, W. N., RAMAGE, H. — **Sur la grande dissémination de quelques éléments rares et leur présence dans des minéraux communs.** — Proc. Chem. Soc., 173,11 ; Proc. Chem. Soc., 175,46 ; J. Chem. Soc. Lond., 71,533-547 ; J. Iron and Steel Inst., 2,182, *1897.*
90. HARTLEY, W. N., RAMAGE, H. — **Analyse spectroscopique de météorites.** — Proc. Roy. Soc. Dublin, 7,1 ; Proc. Roy. Soc. Dublin, 8,703, *1898.*
91. HARTLEY, W. N., RAMAGE, H. — **Analyse spectroscopique de météorites.** — Astrophys. J., 9,214, *1899.*
92. JEWELL. — **Analyse spectroscopique de minerais et météorites.** — Astrophys. J., 9,229, *1899.*
93. MEYER, S. — **Sur les propriétés magnétiques des éléments.** — Monatshefte f. Chemie, 20,369, *1899.*
94. EXNER, HASCHEK. — **Spectre du gallium.** — Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien, 108,1073, *1899.*
95. PRIBRAM, R. — **Sur l'austrium.** — Monatshefte f. Chemie, 21,148 ; Sitz. Akad. Wiss. Wien, 109,2, *1900.*

Géochimie

96. HARTLEY, W. N., RAMAGE, H. — **Spectre du soleil et de météorites.** — Astrophys. J., 11,163, *1900.*
97. RIMATORI. — **Sur quelques blendes de Sardaigne.** — Atti R. Accad. dei Lincei Roma (5) 13,I,277, *1904.*
98. RIMATORI. — **Analyse gravim. et études spectroscopiques sur de nouvelles blendes de Sardaigne.** — Atti R. Accad. dei Lincei Roma (5) 14,I,688, *1905.*
99. HARTLEY, W. N. — **Description et analyse spectroscopique d'une pierre météorique.** — Proc. Chem. Soc., 22,251 ; J. Chem. Soc., 89,1566, *1906.*
100. VERNADSKI, W. — **Remarques sur la répartition des éléments sur la terre.** — Bull. Acad. Saint-Petersbourg, VI,4,1129, *1910.*
101. BARDET, J. — **Etude spectrographique des eaux minérales françaises.** — Compt. Rend., 157,224, *1913.*
102. RAMAGE, H. — **Sur le gallium.** — Chem. News, 108,280, *1913.*
103. DEL CAMPO Y CERDAN, A. — **Présence du gallium dans les blendes.** — Anal. Fis. Quim., 12,80, *1914.*
104. VERNADSKI, W., LINDENER, B. — **Matériaux pour spectroscopie de la croûte terrestre.** — Bull. Acad. Saint-Petersbourg, VI,9,27, *1915.*
105. CLARKE, F. W., WASHINGTON, H. S. — **Composition de la croûte terrestre.** — Proc. Nat. Acad. Sc., 8,108, *1922.*
106. KRIESEL, F. W. — **Gallium dans la germanite de Tsumeb.** — Metall und Erz, 20,257, *1923.*
107. LUNT. — **Sur la germanite.** — Rep. S. Af. Assoc. Adv. Sci., 20,157, *1923.*
108. KRIESEL, F. W. — **Sur l'analyse du nouveau minerai de germanium et gallium, la germanite.** — Chem. Ztg., 48,961, *1924.*
109. BANCELIN, J. — **Gallium dans les caliches.** — Caliche (Chile), 10,97, *1928.*
110. IIMORI, S. — **La présence du gallium dans le kaolin de Tanokami. Sur l'existence du gallium dans la chromosphère solaire.** — Scient. Pap. Inst. ph. chem. Res. Suppl., 10,8, *1929.*
111. PAPISH, J., STILSON, C. B. — **Gallium. Présence du gallium dans les minerais de zinc.** — Amer. Mineralogist, 15,521, *1930.*
112. GOLDSCHMIDT, V. M. — **Sur la présence du germanium dans les météorites de Cranbourne.** — Z. phys. Chem. A146,404, *1930.*
113. NODDACK, I. et W. — **La fréquence des éléments chimiques.** — Naturwiss., 18,547, *1930.*
114. WILD, G. O. — **Recherches spectroscopiques sur l'Euclase.** — Zent. Min. Geol. Paläont., A,200, *1930.*
115. GOLDSCHMIDT, V. M., PETERS, C. — **Pour la géochimie du gallium.** — Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, 165, *1931.*
116. TIEDE, E., LUDERS, H. — **Oxydes d'Al luminescents et leurs relations cristallochimiques dans les pierres précieuses naturelles ou synthétiques du type corindon, et leurs colorations.** — Ber. D. chem. Ges., 66,1681, *1933.*
117. GRINBERG, A. A., FILIPPOW, A. N., JASWONSKI, J. J. — **Sur la présence du gallium dans les minerais sulfurés de Ridder (Altaï).** — Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 66, *1933.*

118. OBERHAUSER, F., RIPOLL, P. — **Recherches sur le gallium et son extraction de sables chiliens.** — An. Fac. Filos. Univ. Chile, S. Quim., 45, *1934.*
119. TOLMATSCHEW, J.M, FILIPPOW, A.N. — **Sur la présence de Rb, Be, Ga et Sr dans la néphéline.** — C.R. Ac. Sc. URSS, 3,366, *1934.*
120. LIBMAN, E.P. — **Eléments rares dispersés.** — Sozialist. Wideraufbau Wiss. (URSS), 8,91, *1935.*
121. CAMBI, S.C., MALATESTA, L. — **Ge, Ga et In dans les blendes de Sardaigne.** — R. Ist. Lombardo Sci. Lettere Rend., 69,369, *1936.*
122. BOROVIK, S.A., SOSEDKO, A.F. — **La présence du gallium dans les échantillons expédiés par l'Inst. Lomonossow à l'Académie des sciences de l'URSS.** — Compt. Rend. Ac. Sci. URSS, 14,31, *1937.*
123. ZENGHELIS, C. — **Bauxites grecques et leur exploitation.** — Light Metals Research, VI, 6,134, *1938.*
124. DOMAREW, W.S. — **Eléments dispersés dans les minerais de l'Altaï.** — Zwetnyje Metally, 13,9, *1938.*
125. TIMOFEJEWSKI, D.A., KALININ, S.K. — **Recherche sur la composition des minerais de Mai-Kain.** — Zwetnyje Metally, 14,12,8, *1939.*
126. STOIBER, R.E. — **Eléments rares dans les blendes.** — Econ. Geol. 35,501, *1940.*
127. ERAMETSA, O. — **Sur la présence de Ga dans certains minéraux non métalliques de Finlande.** — Ann. Ac. Sci. Finland, A,54,9, *1940.*
128. OFTEDAL, I. — **Recherches sur la présence de minéraux voisins dans les blendes norvégiennes.** — Skr. Norsk. Vidensk. Ak. Oslo, 8,1, *1940.*
129. HARADA, T. — **Gallium dans l'aluminium.** — Suiyokwai Shi., 10,223, *1940.*
130. KURODA, K. — **La présence de Ga dans les sources minérales du Japon.** — Bull. Chem. Soc. Jap., 15,234, *1940.*
131. BIBIKOWA, W.I., GORNOWA, S.A. — **Recherches sur les produits et déchets de la fabrication du zinc de Tscheljabinsk et leur contenu en éléments à faibles teneurs.** — Zwetnyje Metally, 15,121, *1940.*
132. PELISEK, J. — **Sur la présence de Ga dans certains sols de Moravie.** — Sborn. Cesk. Ak. Zemed., 15,61, *1940.*
133. NOVAK, V., PELISEK, J. — **Le problème des « microéléments » du sol.** — Vest. Cesk. Ak. Zemed., 16,252, *1940.*
134. ZAROWSKI, I. — **Gallium dans les « Nephelinpegmatites » de la région de la mer d'Azow.** — Rep. Ac. Sci. Ukr. SSR, 4,21, *1940.*
135. MATHEWS, A.A., USSERY, H.D. — **Gallium dans les roches de Virginie.** — Virginia J. Sci., 2,212, *1941.*
136. BOROVICK, S.A., LISUNOW, N.W. — **Sur la présence de germanium et autres éléments rares dans les topazes et béryle de l'URSS.** — C.R. Ac. Sc. URSS., 31, 24, *1941.*
137. BOROVICK, S.A., LISUNOW, N.W., SCHTSCHERBINA, W.W. — **Gallium dans les minéraux et minerais de l'Union soviétique.** — Bull. Ac. Sc. URSS, 3,150, *1941.*
138. KALININ, S.K. — **Etude spectroscopique de dépôts minéraux du Kazakstan, pour la recherche de leur contenu en éléments rares.** — Bull. Ac. Sc. URSS, 3,253, *1941.*
139. BRANNOCK, K.C. — **Présence de gallium dans le Béryl.** — Rocks and Minerals, 17,351, *1942.*

140. LOPEZ DE AZCONA, J. M. — **Etude géochimique de minerais de plomb.** — Ion, 2,446, *1942.*
141. WAGER, L. R., MITCHELL R. L. — **Observations préliminaires dans la distribution de traces d'éléments dans les roches de Skaergaard, Groenland.** — Mineralog. Mag., 26,283, *1943.*
142. BOROVICK, BERGMANN, BOROVICK-ROMANOVA. — **Traces d'éléments dans le kok-saghyz.** — C. R. Ac. Sc. URSS, 40,329, *1943.*
143. GIBSON, F. H., SELVIG, W. A. — **Eléments rares et inhabituels dans le charbon.** — US. Bur. Mines, Tech. Paper, 669,23, *1944.*
144. HABERLANDT, H. — **Concentration des éléments rares dans des formations minérales contenant des corps d'origine organique.** — Forsch. u. Fortschr., 20,154, *1944.*
145. HABERLANDT, H. — **Complexes de porphyrine comme dépôts colorés dans des cristaux de calcite de formation hydrothermale.** — Wien Chem. Ztg., 47,80, *1944.*
146. MIROPOLSKI, L., BOROVICK, S. A. — **Résultats d'analyses spectrales de minéraux silicatés de dépôts permiens en Tartarie.** — C. R. Ac. Sc. URSS, 45,334, *1944.*
147. STOLL, W. C. — **La présence de Béryllium et d'éléments chimiques associés dans des roches de Nouvelle-Angleterre.** — Econ. Geol. 40,136, *1945.*
148. VINOGRADOV, A. P. — **Etude chimique de la biosphère.** — Pedology URSS, 348, *1945.*
149. SAHAMA, T. G. — **Traces d'éléments dans des roches du sud de la Finlande.** — Bull. Comm. Geol. Finlande, 135,5, *1945.*
150. AHRENS, L. H. — **Traces d'éléments dans les argiles.** — S. African. J. Sci., 41,152, *1945.*
151. FOSLIE, S. — **La mine de Melkedalen.** — Norg. Geol. Undersökelse, 169,1, *1946.*
152. BOROVICK, S. A., PROKOPENKO, N. M. — **Eléments rares dans les divers produits de l'exploitation « Electrozine » (Caucase).** — C. R. Ac. Sc. URSS, 51,523, *1946.*
153. ITSIKSON, M. I., RUSSANOW, A. K. — **Eléments dispersés dans des dépôts de cassiterite.** — Izv. Ak. Nauk. SSSR, 5,119, *1946.*
154. KROLL, W. J. — **Métaux rares de la terre.** — S. African Mining Eng. J., 57,541, *1946.*
155. MAJUMDAR, A., SARKAR, P. B. — **Gallium dans les bauxites indiennes.** Sci. et Cult., 13,75, *1947.*
156. TILLEY, C., MITCHELL, R. L., NOCHOLDS, S., WAGER, L. R. — **Traces d'éléments dans les minéraux et roches.** — Observatory, 67,98, *1947.*
157. INGHRAM, M. G., HESS, D. C. — **La composition en isotopes du gallium terrestre et météorique.** — Phys. Rev., 74,343, *1948.*
158. GANESAN, A. S. — **Présence de Ga dans micas et schistes.** — Current Sci. (India), 17,87, *1948.*
159. SANDELL, E. B. — **Le gallium contenu dans les roches ignées.** — Am. J. Sci., 247,40, *1949.*
160. WAGER, L. R., MITCHELL, R. L. — **Répartition de traces d'éléments dans certains minéraux du Groenland.** — Geochim. Acta, 1,129, *1951.*
161. GOLDBERG, E., UCHIYAMA, A., BROWN, H. — **La répartition de Ni, Co, Ga, Pd, Au dans les météorites ferreux.** — Geochim. et Gosmochim. Acta, 2,1, *1951.*

162. CHESTER MC. BURNEY, T. — **Quels éléments rares y a-t-il dans votre mine ?** — World Mining, 15,32, *1953.*
163. VASSERBERG, V. E., KASHIRTSEV, A. S., POPOVA, K. N. — **Dosage spectroscopique du Ga dans des sédiments de la chaîne de Verkhoyansk.** — Dokl. Ak. Nauk. SSSR, 93,863, *1953.*
164. GORDON, M., MURATA, K. J. — **Eléments mineurs dans la bauxite de l'Arkansas.** — Econ. Geol., 47, 169-79, *1952.*
165. MOORE, R. T. — **Minéraux et métaux d'intérêt croissant - Minéraux rares et radioactifs.** — Ariz. Bur. Mines, Mineral. Technol. Ser. N° 47, 163 (40 p.), *1953.*
166. NOCKOLDS, S. R., ALLEN, R. — **Géochimie de quelques séries de roches ignées.** — Geochim. et Cosmochim. Acta, 4, 105-42, *1953.*
167. MORRIS, D. F., BREWER, F. M. — **La présence du gallium dans la sphalérite.** — Geochim. et Cosmochim. Acta, 5, 134-41, *1954.*
168. NEKHOROSHEV, G. V. — **Le complexe subvolcanique de Chulak dans l'Ala-tau.** — Zapiski. Vsesoyuz. Mineralog. Obschestva., 84, 175-81, *1955.*
169. OKADA, S. — **Composition chimique de roches granitiques japonaises - Eléments à l'état de traces.** — Sci. Repts. Tokyo Kyoiky Daigaku, C, 4, 163-84, *1955.*

Voyez aussi : 199 - 540 - 543 - 548 - 812 - 861 - 864 - 876.

Généralités

170. LORING, F. H. — **Gallium dans l'aluminium.** — Chem. News, 108,305, *1913.*
171. RICHARDS, T. W., BOYER, S. — **La purification du gallium par électrolyse, et la compressibilité et la densité du gallium.** — Proceed Nat. Akad. Sci. Washington, 4,388, *1918.*
172. DENNIS, L. M., BRIDGMAN, J. A. — **Gallium.** — J. Am. Chem. Soc., 40, 1531, *1918.*
173. RICHARDS, T. W., BOYER, S. — **La purification du gallium par électrolyse et la compressibilité et la densité du gallium.** — J. Amer. Chem. Soc., 41,133, *1919.*
174. DENNIS, L. M., BRIDGMAN, J. A. — **Gallium.** — Chem. News, 118,156, *1919.*
175. RICHARDS, T. W. — **Suite des recherches sur les poids atomiques, propriétés et composés des éléments.** — Carnegie Inst. Year Book, Nr. 18, 327, *1919.*
176. RICHARDS, T. W., BOYER, S. — **Etudes sur le gallium** (suite). — J. Am. Chem. Soc., 43,274, *1921.*
177. PASCAL, P., BARDET, J., TCHAKIRIAN, A. — **Gallium - Traité de chimie minérale.** — T. VII, p. 437, *1932.*
178. HERZOG, W. — **Entrée du gallium dans l'industrie.** — Umschau Wiss. Techn., 36,206, *1932.*
179. BERG, G. — **La présence des éléments chimiques sur la terre.** — p. 23, 136, 145, 161 ; Leipzig, *1932.*
180. MILOWANOW, G. N. — **Sur les terres rares et les éléments des 3e et 4e groupes.** — Redkie Metally, 2,4,8, *1933.*
181. MASTERS, H. K. — **Métaux divers.** — Mineral Ind., 42,614, *1934.*
182. GMELIN. — **No 36, Gallium.** — *1936.*
183. SKRAMOVSKY, S., VONDRASEK, O. — **Les cendres de charbon, source de Ga et Ge.** — Génie civil, 111, (57), 288, *1937.*
184. EINECKE, E. — **Le gallium.** — L. Voss, Leipzig, *1937* ; Edwards, Ann Arbor, Mich., USA, *1944* (réimpr.).
185. HOJENDAHL, K. — **Sur les métaux rares du groupe de l'aluminium et leurs combinaisons.** — Kem. Mean. Hand. Kem. Ind., 18,141, *1937.*
186. EINECKE. — **Présence, préparation et utilisation du gallium.** — Z. Prakt. Geol., 46,120, *1938.*
187. PUSCHIN, N. A., MICIC, O. D. — **Deux métaux rares : Gallium et Germanium.** — Fonderia, 13,264, *1938.*
188. EINECKE, E. — **La recherche scientifique et technique sur le gallium.** — Metallwirtsch, 18,302, *1939.*
189. DEARR, R. S., GOTTSCHALK, V. H. — **Les métaux inusités (Ga...).** — Engineer. Min. J., 141,2,92, *1940.*
190. BOMMER, H. — **Gallium, Indium, Thallium.** — Oesterr. Chem. Z., 44,61, *1941.*
191. X. — **Gallium.** — Bull. Electroch. Soc., 1,3, *1944.*
192. FISCHER, J. W. — **La présence de faibles teneurs d'impuretés à l'état d'oxyde dans l'aluminium électrolytique commercial.** — Angew. Chem., B20,17, *1948.*

193. THOMPSON, A. P., HARNER, H. R. — **Un sous-produit métallique.** — J. Metals, 191,91, *1951.*
194. POWELL, R. W. — **Germanium et gallium : production, propriétés, emplois.** — Chem. Industr., G. B., 6,108, *1951.*
195. BEJA, M. — **Le gallium.** — Chim. Ind., 67,1, *1952.*
196. WAGNER, G. H., GITZEN, W. H. — **Gallium.** — J. Chem. Educ. USA, 29,162, *1952.*
197. X. — **Production et utilisation du gallium.** — Chem. Ing. Technik, 24,473, *1952.*
198. NICOLAUS, H. O. — **Gallium : production, propriétés, emplois.** — Metall, 6,374, *1952.*
199. GOLDSCHMIDT, V. M. — **Gallium.** — Geochemistry, p. 319-331, A. Muir, Oxford, *1954.*
200. THOMPSON, A. P. — **Gallium.** — Rare Metals Handbook, 147, *1954.*
201. POWELL, R. W. — **Germanium et gallium et leurs applications.** — Nature (G. B.), 174,627, *1954.*

Préparation

Enrichissement - Purification

210. HILLEBRAND, W. F., SCHERRER, J. A. — **Préparation de gallium à partir du minerai de zinc aux Etats-Unis.** — Journ. Ind. Eng. Chem., 8,225-239, *1916.*
211. FOGG, H. C., JAMES, C. — **L'extraction du gallium et du germanium de l'oxyde de zinc.** — J. Amer. Chem. Soc., 41,947, *1919.*
212. LLORD Y GAMBOA, H. — **Extraction de gallium contenu dans l'aluminium commercial.** — Ann. Soc. Esp. Fis. Quim., 21,280, *1923.*
213. THOMAS, J. S., PUGH, W. — **Germanium. I. La germanite et l'extraction de germanium et de gallium de ce minéral.** — J. Chem. Soc. London, 125,816, *1924.*
214. KEIL, W. — **Extraction du germanium et du gallium de la germanite.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 152,101, *1926.*
215. RAMAGE, H. — **Gallium dans la poussière des fours.** — Nature, 119,783, *1927.*
216. SMITH, J. D. M. — **Electrolyse du chlorure de gallium.** — J. Chem. Soc., 131,2029, *1927.*
217. JAMES, C., FOGG, H. C. — **L'enrichissement rapide de l'oxyde de zinc en gallium et germanium.** — J. Am. Chem. Soc., 51,1459, *1929.*
218. PUGH, W. — **Une méthode améliorée pour l'extraction du germanium de la germanite.** — J. Chem. Soc. London, 2540, *1929.*
219. PATNODE, W. J., WORK, R. W. — **Extraction du germanium et du gallium de la germanite.** — Ind. Eng. Chem., 23,204, *1931.*
220. BERG, R., KEIL, W. — **Germanium et gallium dans la germanite.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 209,383, *1932.*
221. FEIT, W. — **La préparation industrielle du rhénium et du gallium.** — Osterr. Chem. Ztg., 35,137, *1932.*
222. FEIT, W. — **La préparation industrielle du rhénium et du gallium et de quelques-uns de leurs composés.** — Angew. Chem., 46,216, *1933.*
223. HIRSCHEL, W. N. — **Ca, Tl, In et Ga comme sous-produits de l'industrie des lithopones.** — J. Soc. Chem. Ind., 52,797, *1933.*
224. HOFFMANN, J. I. — **Préparation de gallium pur.** — J. Res. Nat. Bur. Stand., 13,665, *1934.*
225. JOHNSON, W. C., FOSTER, L. S., KRAUS, C. A. — **L'extraction du germanium et du gallium de la germanite.** — J. Am. Chem. Soc., 57,1828, 1832, *1935.*
226. HOFFMANN, J. I., SCRIBNER, B. F. — **Purification du gallium par cristallisation fractionnée du métal.** — J. Res. Bur. Stand., 15,205, *1935.*
227. MORGAN, G. T. — **Nouvelles recherches sur quelques éléments rares.** — J. Chem. Soc. London, 554, *1935.*
228. HOFFMANN, J. I., SCRIBNER, B. F. — **Purification du gallium par cristallisation fractionnée.** — Metal Ind., London, 47,537, *1935.*
229. SEBBA, F., PUGH, W. — **L'extraction du Ga et du Ge de la germanite. III. Préparation et purification du gallium.** — J. Chem. Soc. London, 1371, *1937.*
230. MORGAN, G., DAVIES, G. R. — **Ge et Ga dans les poussières et cendres de charbon.** — Chem. Indust., London, 56,717, *1937.*
231. SARKAR, P. B. — **Ga dans le charbon. Extraction des cendres et poussières.** — Fuel Economist, 12,503, *1937.*

232. BOGOMOLOW, J. A. — **Métaux rares dans les produits des hauts fourneaux.** — Teorija i Praktika Metallurgii, 9,2,84, *1937.*
233. X. — **Préparation de gallium.** — Die Chemische Industrie, 61,1115, *1938.*
234. SYROKOMSKI, W. S., SCHAROWA, A. K. — **Recherches sur la teneur des éléments rares dispersés Tl, In, Ga et Ge dans les sous-produits et résidus de la métallurgie non ferreuse de l'Oural.** — Zwetnyje Metally, 13,11, *1938.*
235. TERNENT COOKE, W. — **La présence du Ga et du Ge dans quelques cendres de charbon.** — Trans. Roy. Soc. South Australia, 62,318, *1938.*
236. FOSTER, L. S., TOMPSON, R. Y. — **L'extraction du Ge et du Ga de la germanite. Production du germanium à partir du sublimat des sulfures As + Ge.** — J. Amer. Chem. Soc., 61,236, *1939.*
237. VON ZEERLEDER, A. — **Le progrès dans la métallurgie des métaux légers et des métaux rares.** — Bull. Soc. Roy. Belge Ing. Ind., 657, *1939.*
238. RESNIAK, P. A., MIRONOWA, S. — **Obtention de concentrats de Ga à partir des résidus de la fabrication de l'Al.** — Zwetnyje Metally, 15,121, *1940.*
239. KOSTRIKIN, W. M., IVANOW-EMIN, B. N. — **Gallium dans les résidus de cokerie et d'usines à gaz.** — J. Chim. Appl. URSS, 13,1498, *1940.*
240. FULDA, R. — **Sur l'enrichissement en gallium.** — Angew. Chem., 54,383, *1941.*
241. HENGLEIN. — **Gallium.** — Grund. der Chem. Techn., 377, *1941.*
242. KANATANI, I., MURAKAMI, S., AGAWA, E. — **Répartition des éléments métalliques dans les résidus de fabrication du Zn, et leur extraction.** — Bull. Inst. Phys. Chem. Res. Tokyo, 22,775, *1943.*
243. ABRAHAMSON, G., CASS, G. — **British DSIR Chemical Research Progress.** — Chem. Eng. News, 26,2833, *1948.*
244. SAITO, K. — **L'extraction du Ge et du Ga de la germanite.** — Bull. Chem. Soc., Jap., 21,40, *1948.*
245. REYNOLDS, F. M. — **Extraction du gallium et du germanium de la poussière de carneaux.** — Chem. Products, 13,152, *1950.*
246. FISCHER, R. E. — **Germanium et gallium.** — Min. J., 234,367, *1950.*
247. POWELL, A. R., LEVER, F. M., WALPOLE, R. E. — **Extraction et raffinage de Ge et Ga.** — J. Appl. Chem. (G. B.), 1,541, *1951.*
248. LEVER, F. M. — **Méthode de récupération de Ge et Ga dans les poussières de carneaux de fumée.** — Métal Industr. (G. B.), 80,3, *1952.*
249. ASAI, K., INAGAKI, M. — **Germanium et gallium dans le charbon.** — J. Jap. Chem., 6,724, *1952.*
250. GASTINGER, E. — **Sur une méthode d'extraction du gallium des alliages industriels de l'aluminium.** — Berg. u. Hüttenm. Mh., 99,13, *1954.*
251. ROSBAUD, P. — **Remarques sur le travail de E. Gastinger : Sur une méthode d'extraction du gallium...** — Berg. u. Hüttenmänn. Mh., 99,48, *1954.*
252. ZIMMERMANN, W. — **Préparation de gallium de grande pureté par grossissement d'un monocristal.** — Chem. Eng. News, *Avr. 1954.*
253. ITO, H. — **L'extraction du gallium des résidus de fusion du zinc.** — J. Min. Inst. Jap., 70,365, *1954.*
254. DETWILER, D. P., FOX, W. M. — **Purification du gallium par la méthode de raffinage par zônes.** — J. Metals, 7,205, *1955.*

Voyez aussi : 118 - 171 - 173 - 467 - 503.

Physique de l'atome

265. DE BROGLIE, M. — **Sur l'analyse spectrale par les rayons secondaires des rayons de Roentgen et son application au cas des substances rares.** — Compt. Rend., 159 304, *1914.*
266. UHLER, H. S., COOKSEY, C. D. — **Etude du spectre de rayons X.** — Phys. Rev. (2), 10,645, *1917.*
267. CLARKE, F. W., THORPE, T. E., URBAIN, G. — **Rapport du Comité international des poids atomiques pour 1919-1920.** — J. Amer. Chem. Soc., 41,1884, *1919.*
268. DUANE, W., KANG-FUH-HU. — **Etude du spectre de rayons X. Longueurs d'onde d'absorption.** — Phys. Rev., 2,14,516, *1919.*
269. BAXTER, G. P. — **26e rapport annuel de la Commission des poids atomiques.** — J. Amer. Chem. Soc., 42,327, *1920.*
270. BROWN, S. G. — **Courbes d'électrons négatifs.** — Nature, 106 567, *1920.*
271. LORING, F. H. — **Séries quaternaires et isotopes.** — Chem. News, 124,326, *1922.*
272. RICHARDS, T. W., CRAIG, W. M. — **Le poids atomique du gallium.** — J. Amer. Chem. Soc., 45,1155, *1923.*
273. ASTON, F. W. — **Etudes pour la détermination de la composition des éléments d'après la méthode des rayons anodiques accélérés.** — Nature, 112,449, *1923.*
274. BODENSTEIN, M., HAHN, O., HONIGSCHMID, O., MEYER, R. J. — **4e rapport de la Commission allemande des poids atomiques.** — Ber. Dtsch. Chem. Ges., 57,A,1, *1924.*
275. HUGGINS, M. L. — **Rayons atomiques.** — Phys. Rev., 28,1086, *1926.*
276. PERLITZ, H. — **Sur le parallélisme entre le changement de résistance à la fusion et la densité des atomes métalliques du cristal.** — Acta Comment. Univ. Dorpatensis. Estonie, A,13, Nr. 3,3, *1928.*
277. RICHTMYER, F. K., RAMBERG, E. — **Satellites des lignes Kα des éléments Ni (28) à As (33).** — Phys. Rev., (2), 35,661, *1930.*
278. LAPORTE, O., INGLIS, D. K. — **Fissions de résonance dans la configuration des genres p^5s et d^9s.** — Phys. Rev. (2), 35,1337, *1930.*
279. SAWYER, R. A. — **Procédés de stimulation pour la décharge de cathodes creuses.** — Phys. Rev. (2), 36,44, *1930.*
280. KIEVIT, B., LINDSAY, G. A. — **Structure fine des spectres d'absorption de la série K des éléments Ca à Ga.** — Phys. Rev. (2), 36,648, *1930.*
281. HUME-ROTHERY, W. — **La structure cristalline des éléments du « sous-groupe B ».** — Phil. Mag. (7), 9,65, *1930.*
282. BEUTHE, H. — **Sur de nouvelles raies faibles de la série K des éléments V à Y.** — Z. Physik, 60,603, *1930.*
283. CAMPBELL, J. S., BACHER, R. F. — **Le moment nucléaire de l'indium et du gallium.** — Phys. Rev. (2), 38,1906, *1931.*
284. CAMPBELL, J. S. — **Structure surfine de Ga et In.** — Phys. Rev. (2), 40,1040, *1932.*
285. REX FORD, O. — **Aperçu sur les satellites K.** — Phys. Rev. (2), 41,577, *1932.*
286. JACKSON, D. A. — **La structure surfine des lignes de résonance du gallium.** — Z. f. Physik, 74,291, *1932.*
287. JACKSON, D. A. — **Le moment nucléaire du gallium.** — Z. f. Physik, 75,229, *1932.*

288. CAMPBELL, J. S. — **Moments nucléaires des isotopes 69 et 71 du gallium.** — Nature, 131,204, *1933.*
289. ZINTL, E., BRAUER, G. — **Sur la règle des électrons de valence et les rayons d'atome des métaux non nobles en alliages.** — Z. Physik. Chem., B20,245, *1933.*
290. SHAW, C. H., BEARDEN, J. A. — **Aspect et longueur d'onde des lignes de rayons X de la série K.** — Bull. Am. Phys. Soc., 7,16, *1934.*
291. v. HEVESY, G., PAHL, M. — **Sur la radioactivité de quelques éléments rares.** — Z. Physik. Chem., A169,147, *1934.*
292. MEITNER, L. — **Sur la radioactivité artificielle de quelques éléments.** Naturwiss., 22,420, *1934.*
293. MATZNER, E. — **Destruction d'atomes par les neutrons.** — S. B. Akad. Wiss. Wien., IIa, 143/579, *1934.*
294. AMALDI, E., D'AGOSTINO, O., SEGRE, E., FERMI, E., PONTECORVO, B. — **Radioactivité artificielle à l'aide de neutrons.** — Ric. Sci. Progr. Techn. Ec. Naz., 5, II, 381,467 ; 6, I, 123,435, *1934.*
295. BEARDEN, J. A., SHAW, C. H. — **Forme et longueurs d'onde des lignes K des éléments Ti à Ge.** — Phys. Rev. (2), 48,18, *1935.*
296. MUTCH, W. W. — **Structure fine des spectres K de rayons X du gallium.** — Phys. Rev. (2), 48,569, *1935.*
297. LUNDELL, G. E., HOFFMANN, J. I. — **Le poids atomique du gallium.** — J. Res. Bur. Stand., 15,409, *1935.*
298. ASTON, F. W. — **Isotopes et poids atomiques.** — Proc. Roy. Soc. London, 149,396, *1935.*
299. SCHINTLMEISTER, J. — **Sur la question de l'existence de rayons α naturels encore inconnus.** — S. B. Ak. Wiss. Wien., IIa, 144,475, *1935.*
300. D'AGOSTINO, O. — **Nouveaux radio-éléments artificiels.** — Gazz. Chim. Italie, 65,1071, *1935.*
301. SEGRE, E. — **Mesures sur des corps artificiellement radioactifs.** — Nuovo Cimento, 12,232, *1935.*
302. MUTCH, W. W. — **Structure fine de l'absorption quantique des rayons X par le gallium.** — Phys. Rev., 50,197, *1936.*
303. SMOLUCHOWSKI, R. — **Etude théorique sur la structure fine de l'absorption des rayons X par le gallium.** — Phys. Rev., 50,201, *1936.*
304. SMOLUCHOWSKI, R. — **La structure fine de l'absorption quantique a été calculée sur la base de la théorie de Kroning.** — Phys. Rev., 50,201, *1936.*
305. SAMPSON, M. B., BLEAKNEY, W. — **Une recherche spectographique de masse sur Ba, Sr, In, Ga, Li, Na.** — Phys. Rev., 50,456, *1936.*
306. SAMPSON, M. B., BLEAKNEY, W. — **Les fréquences relatives de Ga 69 et Ga 71 estimées à 38,8 et 61,2 ‰.** — Phys. Rev., 50,456, *1936.*
307. SHAW, G. H., PARATT, L. G. — **Ligne Kα des éléments 30 à 46.** — Amer. Inst. Phys. Anniv. Meeting, *1936.*
308. RICHTMYER, F. K., PARATT, L. G. — **Nouvelles longueurs d'onde des lignes Kα de satellites des éléments 16 à 32.** — Bull. Amer. Phys. Soc., 11,16, *1936.*
309. BAXTER, G. P., HONIGSCHMID, O., LEBEAU, P. — **6e rapport de la Commission des poids atomiques à l'Union internationale de chimie.** — Ber. Dtsch. Chem. Ges., 69,A,25, *1936.*
310. SCHULER, H., KORSCHING, H. — **Sur le moment polaire et magnétique des 69 et 71 Ga.** — Z. Physik, 103,434, *1936.*

311. FORRER, R. — **Sur l'intensité de l'effet de mutation entre couches de valences dans les cristaux.** — J. Physique et Radium, 8,241, *1937.*
312. DU BRIDGE, L. A. — **La radioactivité des isotopes du Zn. La radioactivité artificielle par protons à haute énergie.** — Bull. Amer. Phys. Soc., 12,11, *1937.*
313. RIDENOUR, HENDERSON. — **La radioactivité artificielle par particules α.** — Phys. Rev., 51,1102 ; 52,40 et 889, *1937.*
314. MANN, W. B. — **Bombardement du cuivre par rayons α.** — Phys. Rev., 52,405, *1937.*
315. CHANG, W. J., GOLDHABER, M., SAGANE, R. — **La radioactivité à grande énergie des rayons γ et des neutrons.** — Nature, 139,962, *1937.*
316. SCHULER, H., KORSCHING, H. — **Moment quadrupolaire et moment magnétique de Ga 69 et Ga 71.** — Z. Physik, 105,168. *1937.*
317. BOTHE, W., GENTNER, W. — **Modifications atomiques par des rayons γ.** — Z. Physik, 106,236, *1937.*
318. BOTHE, W., GENTNER, W. — **Nouvelles modifications atomiques par rayons γ.** — Naturwiss., 25,191, *1937.*
319. PAPSDORF, W. — **Recherches de structure au moyen des interférences électroniques.** — Ann. Physik, 28,555, *1937.*
320. SEABORG, G. T., LIVINGGOOD, J. J. — **Radioactivité artificielle comme témoin pour de très petites quantités de substances.** — J. Amer. Chem. Soc., 60,1784, *1938.*
321. GRAHAME, D. C., SEABORG, G. T. — **La séparation de substances radioactives sans utilisation d'un porteur.** — Phys. Rev., 54,240, *1938.*
322. SAGANE, R. — **Radioactivité des isotopes de Cu, Zn, Ga et Ge.** — Phys. Rev., 53,212, *1938.*
323. ALVAREZ, L. W. — **Action d'électrons et transformations internes du Ga 67.** — Phys. Rev., 53,606, *1938.*
324. ALVAREZ, L. W. — **L'arrêt du chemin d'électrons par noyaux atomiques.** — Phys. Rev., 54,486, *1938.*
325. MANN, W. B. — **Modifications de noyau du Zn par des rayons α.** — Phys. Rev., 54,649, *1938.*
326. BUCK, J. H. — **Radioactivité par protons. Zn et Se.** — Phys. Rev., 54,1025, *1938.*
327. KALBFELL, D. C. — **La mesure de l'énergie des rayons γ.** — Phys. Rev., 55,422, *1938.*
328. ABELSON, P. — **Les recherches aux rayons X lors de la destruction radioactive.** — Phys. Rev., 55,424, *1938.*
329. GWINNER, E. — **Les lignes Lα et Lβ des éléments Fe et Ge et de leurs combinaisons et alliages.** — Z. Physik, 108,523, *1938.*
330. ALEXEEVA, K. — **Radioactivité artificielle par neutrons lents.** — C. R. Ac. Sc. URSS, 18,553, *1938.*
331. SAGANE, R. — **Isotopes radioactifs de Cu, Zn, Ga, Ge.** — Phys. Rev., 55,31, *1939.*
332. GOBLE, A. T. — **Les énergies dans la configuration d^9p dans les spectres semblables du Pd et du Ni.** — Phys. Rev., 56,209, *1939.*
333. BEEMAN, W. W., FRIEDMAN, H. — **Les quanta d'absorption K des éléments Fe et Ge.** — Phys. Rev., 56,392, *1939.*
334. ABELSON, P. H. — **L'identification par rayons X lors de transformations radioactives.** — Phys. Rev., 56,753, *1939.*

335. VALLEY, G. E., CREARY, R. L. — **Les rayons γ transformés de quelques éléments radioactifs.** — Phys. Rev., 56,863, *1939.*
336. SAGANE, R., KOJIMA, S., MIYAMOTO, G. — **Les rayons β d'isotopes radioactifs.** — Proc. Physico-math. Soc. Japan, 21,728, *1939.*
337. HELMHOLZ, A. C. — **La mesure de l'énergie des rayons γ.** — Phys. Rev., 57,248, *1940.*
338. RENZETTI, HAMILTON. — **Le moment quadrupolaire de Ga 69 et Ga 71.** — Phys. Rev., 57,570, *1940.*
339. RENZETTI. — **Les moments quadrupolaires électriques de 69 Ga et 71 Ga. Une recherche aux rayons atomiques sur la structure superfine des états 2P1/2 - 2P3/2 des 69 et 71 Ga.** — Phys. Rev., 57,753, *1940.*
340. O'NEAL, R. D., GOLDHABER, M. — **Section efficace vis-à-vis des neutrons thermiques.** — Phys. Rev., 59,102, *1941.*
341. HARTREE, W., HARTREE, D. R., MANNING, M. F. — **Calcul de champ « Self-consistent » pour Zn, Ga, Ga***, etc.** — Phys. Rev., 59,299, *1941.*
342. SEABORG, G. T., LIVINGGOOD, J. J., FRIEDLANDER, A. G. — **Isotopes radioactifs du germanium.** — Phys. Rev., 59,320, *1941.*
343. SAGANE, R., MIYAMOTO, G., IKAWA, M. — **Corps radioactifs obtenus par des modifications de noyau du Ge.** — Phys. Rev., 59,904, *1941.*
344. BEARDEN, J. A., SCHWARZ, G. — **Une nouvelle détermination de h/e.** — Phys. Rev., 59,934, *1941.*
345. GUTHRIE, A. — **Energies des rayons γ de 63 Ni, 56 Mn, 69 Zn et 67 Ga.** — Phys. Rev., 60,746, *1941.*
346. RAYNOR, G. V. — **La zône Brillouin pour la structure du gallium.** — Phil. Mag., 31,139, *1941.*
347. LEUTHARDT, F. — **Modifications de corps minéraux.** — Erg. Phys. Biol. Chem. Exp. Pharm., 44,588, *1941.*
348. LAUTERJUNG, K. H. — **Section en croix effective de certains éléments par neutrons lents.** — Ann. Physik, 41,177, *1942.*
349. MANDEVILLE, C. E. — **L'énergie des rayons γ des Sc, Ga, W et La radioactifs.** — Phys. Rev., 64,147, *1943.*
350. SCHWAB, G., HOLZ, G. — **Concentration en électrons, détachement de réseaux et catalyse.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 252,205, *1944*
351. HOWELL, H. G. — **Résonance dans des états de « Procession » de molécules diatomiques.** — Proc. Phys. Soc. London, 57,32, *1945.*
352. BLOKHIN, M. A. — **Analyse au spectre de rayons X et ses possibilités.** — Zavodskaja Lab., 11,1069, *1945.*
353. FEENY, H., RASETTI, F. — **Energie de résonance et coefficient d'absorption de neutrons pour Mn, Ga et Pd.** — Can. J. Research, 23A,12, *1945.*
354. MILLER, L. C., CURTISS, L. F. — **Energie des rayons β et γ de divers isotopes radioactifs.** — Phys. Rev., 70,983, *1946.*
355. MARTON, L., ABELSON, P. H. — **Traceurs pour micrographie.** — Science, 106,69, *1947.*
356. MITCHELL, A. C., JURNEY, E., RAMSAY, M. — **Expérience de coïncidence sur 72 Ga.** — Phys. Rev., 71,324, *1947.*
357. MITCHELL, A. C., JURNEY, E., RAMSAY, M. — **Radioactions provenant de 72 As.** — Phys. Rev., 71,825, *1947.*
358. WATTENBERG, A. — **Sources et énergie des photoneutrons.** — Phys. Rev., 71,497, *1947.*
359. MANDEVILLE, C. E., SCHERB, M. — **Etudes de coïncidences sur 72 Ga.** — Phys. Rev., 72,520, *1947.*

360. SEREN, L., FRIEDLANDER, H., TURKEL, S. — **Méthodes d'activation pour la mesure de section en croix de neutrons.** — Phys. Rev., 72,888, *1947.*
361. MITCHELL, A. C., ZAFFARANO, D. Z., KERN, B. D. — **Les rayons β et γ du 72 Ga.** — Phys. Rev., 73,1424, *1948.*
362. HOPKINS, H. H., CUNNINGHAM, B. B. — **Réactions nucléaires de As avec des deuterons à 190 mEV.** — Phys. Rev., 73,1406, *1948.*
363. FOLEY, H. M. — **Le moment magnétique de l'électron.** — Phys. Rev., 74,250, *1948.*
364. HAYNES, S. K. — **Les spectres β et γ du gallium irradié par des neutrons lents.** — Phys. Rev., 74,423, *1948.*
365. JURNEY, E. — **Expériences de coïncidence avec Sc 46, Ga 72, Au 198 et Rb 86.** — Phys. Rev., 74,1049, *1948.*
366. Mc. COWN, A., WOODWARD, L. L. — **Isotopes radioactifs de Ga et Ge.** — Phys. Rev., 74,1311, *1948.*
367. BROWN, H., GOLDBERG, E. — **Analyses par la pile.** — Ind. Eng. Chem., 40,7,10A, *1948.*
368. DUDLEY, H. C. — **Citrate de gallium et citrate de radiogallium 72.** — J. Am. Chem. Soc., 72,3822, *1950.*
369. BENE, G. J., DENIS, P. M., EXTERMANN, R. C. — **Moment magnétique nucléaire d'isotopes du gallium.** — Phys. Rev., 78,66, *1950.*
370. KUSCH, P. — **Moments magnétiques nucléaires d'isotopes du gallium.** — Phys. Rev., 78,615, *1950.*
371. FOLEY, H. M. — **Moments nucléaires différentiels pour le gallium et l'indium.** — Phys. Rev., 80,288, *1950.*
372. SNELL, A. S., BARKER, E. C., STERNBERG, R. L. — **Section en croix de photodésintégration du deuterium et du beryllium par les rayons γ du sodium 24 et du gallium 72.** — Phys. Rev., 80,637, *1950.*
373. LANGER, L. M., MOFFAT, R. D. — **Radioactivité du gallium 66.** — Phys. Rev., 80,651, *1950.*
374. MUKERJI, A., PREISWERK, P. — **Isotopes radioactifs 66 et 68 du gallium.** — Helv. Phys. Acta, 23,516, *1950.*
375. BISHOP, G. R., HALBEN, H., SHAW, P. F., WILSON, R. — **Distribution angulaire des neutrons produits dans la photodésintégration du deuteron par les rayons γ du gallium 72.** — Phys. Rev., 81,219, *1951.*
376. MUKERJI, A., PREISWERK, P. — **Sur les isotopes du gallium.** — Helv. Phys. Acta, 25,387, *1952.*
377. KOSTER, G. F. — **Les effets d'intéraction de configuration dans la structure atomique surfine du gallium.** — Phys. Rev., 86,148, *1952.*
378. SIEGEL, J. M., GLENDENIN, L. E. — **Procédé d'isolement de Ga dans la fission.** — Radiochem. Studies, III, 1436, *1952.*
379. ATEN, A. H., DE WIJS, H. — **Décomposition du gallium 65.** — Physica, 18,1032, *1952.*
380. CRASEMANN, B. — **La décomposition du gallium 64 et du gallium 65.** — Phys. Rev., 90,995, *1953.*
381. KLEMM, A. — **Transport d'isotopes et self-transport dans les métaux.** — Z. Nat. Forsch., 9,1031, *1954.*
382. MARSHAK, H. — **Section en croix totale des neutrons dans la région kilovolt : Cu, Cu 63, Cu 65 et Ga.** — Phys. Rev., 94,774, *1954.*
383. DALY, R. T., HOLLOWAY, J. H. — **Moment magnétique nucléaire octupolaire des isotopes stables de gallium.** — Phys. Rev., 96,539, *1954.*

384. ANTKIW, S., DIBELER, V. H. — **Spectre de masse de la vapeur de gallium.** — J. Chem. Phys., 21, 1890-1, *1953.*
385. BROOKSBANK, A., LEDDICOTTE, G. W., MAHLMAN, H. A. — **Analyse d'impuretés à l'état de traces par activation par neutrons.** — J. Phys. Chem., *57*, 815-19, *1953.*
386. DEHMELT, H. G. — **Résonance nucléaire quadrupolaire des isotopes stables du gallium.** — Phys. Rev., 92, 1240, *1953.*
387. MANN, L. G., MEYERHOF, W. E., WEST, H. I. — **Dégradation du gallium 66.** — Phys. Rev., 92, 1481-9, *1953.*
388. MEYERHOF, W. E., MANN, L. G., WEST, H. I. — **Dégradation du gallium 67.** — Phys. Rev., 92, 758-65, *1953.*
389. COLLINS, T. L., JOHNSON, W. H., NIER, A. O. — **Masses atomiques dans la région intermédiaire.** — Phys. Rev., 94, 398-404, *1954.*

389 a. CRASEMANN, B. — **Un état isomérique du gallium 65.** — Phys. Rev., 93, 1034, *1954.*

389 b. RICE, M., POUND, R. V. — **Relation entre les moments magnétiques des isotopes stables de gallium.** — Phys. Rev., 99, 1036-7, *1955.*

Voyez aussi : 470 - 764.

Propriétés physiques

390. RYDBERG, J.R. — **La dureté des corps simples.** — Z. Physik. Chem., 33,353, *1900.*
391. RAMAGE, H. — **Etude comparée des spectres, densités et points de fusion de quelques éléments.** — Proc. Roy. Soc., 70,1, *1902.*
392. CROMPTON, H. — **Chaleurs de fusion latentes des métaux.** — Chem. News, 88,237, *1903.*
393. MOTT, W.R. — **Propriétés physiques du gallium.** — Trans. Am. Electroch. Soc., 34,555, *1918.*
394. RUSSEL, Y., BICHOWSKI, F. — **Coloration des composés inorganiques.** — J. Amer. Chem. Soc., 40,500, *1919.*
395. BRIDGMAN, P.W. — **Propriétés physiques du gallium.** — Proc. Amer. Acad., 56,61, *1921.*
396. TAYLOR, G.F. — **Méthode pour produire des fils métalliques, et considérations sur leurs propriétés et emplois.** — Phys. Rev., 23,655, *1924.*
397. RICHARDS, WHITE. — **Compressibilité de In et Tl. Comparaison des propriétés physiques de quelques métaux.** — J. Amer. Chem. Soc., 50,3300, *1928.*
398. HARTECK, P. — **Mesure de pression de vapeur de Ag, Au, Cu, Pb, Ga, Sn, et calculs des constantes chimiques.** — Z. Phys. Chem., 134,1, *1928.*
399. CLUSIUS, K., HARTECK, P. — **Sur les chaleurs spécifiques de quelques corps solides à basse température.** — Z. f. Physik. Chem., 134,243, *1928.*
400. COUSTAL, R. — **Poisons et phosphorogènes pour le sulfure de Zn phosphorescent.** — Compt. Rend., 190,1403, *1930.*
401. BOWDEN, F.P., O'CONNOR, E.A. — **Les modifications de surface et d'activité catalytique de surfaces métalliques à leur passage de l'état solide à l'état liquide.** — Proc. Roy. Soc. London, A128,317, *1930.*
402. KLEMM, W. — **Note sur le coefficient de dilatation du gallium et sur le produit αT_5.** — Z. anorg. Allg. Chem., 198,178, *1931.*
403. BULL, B., SOLLNER, K. — **Sur les émulsions de mercure obtenues à l'aide des ultra-sons.** — Koll.-Ztschrft., 60,263, *1932.*
404. ROTH, W.A., MEYER, J., ZEUMER, H. — **Chaleurs spécifiques, de fusion et de transformation du gallium, de l'indium et du thallium.** — Z. anorg. Allg. Chem., 214,309, *1933.*
405. ROESER, W.F., HOFFMANN, J.I. — **Le point de fusion du gallium.** — J. Res. Nat. Bur. Stand., 13,673, *1934.*
406. ROTH, W.A., MEYER, J., ZEUMER, H. — **Supplément à l'étude : Chaleurs spécifiques, de fusion et de transformation du gallium, de l'indium et du thallium.** — Z. anorg. Allg. Chem., 216,303, *1934.*
407. SCHULZE, R. — **Expériences sur l'effet électro-lumineux.** — Z. Physik, 92,212, *1934.*
408. EINECKE, E. — **Gallium colloïdal.** — Naturwiss., 23,131, *1935.*
409. LANGE, H. — **Les constantes optiques du rhénium et du gallium pour les longueurs d'onde 589 et 436 mμ.** — Z. Physik, 94,650, *1935.*
410. NATHANSON, J.B. — **Les constantes optiques du gallium liquide.** — Bull. Amer. Physic. Soc., 11,36, *1936.*

411. BOWDEN, F. P., RIDLER, K. E. — **Propriétés physiques des surfaces. Température de surface de métaux en frottement.** — Proc. Roy. Soc. London, 154,640, *1936.*
412. SPELLS, K. E. — **Détermination de la viscosité du gallium liquide dans un intervalle de température.** — Proc. Physic. Soc., 48,199, *1936.*
413. HOATHER, H. H. — **Densité et coefficient de dilatation du gallium liquide dans un gros intervalle de température.** — Proc. Physic. Soc., 48,699, *1936.*
414. WARD, A. G. — **Viscosité de liquides purs.** — Trans. Faraday. Soc., 33,88, *1936.*
415. VOLMER, M., SCHMIDT, O. — **Sur le processus de fusion.** — Z. Phys. Chem., B35,467, *1937.*
416. EINECKE, E. — **Etudes sur Ga, In et Tl.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 238,114, *1938.*
417. DEFFET, L. — **Recherches piézométriques. Températures de fusion et de transformation.** — Bull. Soc. Chim. Belg., 49,223, *1940.*
418. SRINIVASAN, M. K. — **Relation entre la viscosité et la densité des liquides et solutions.** — Phil. Mag., 32,253, *1941.*
419. MACK, G. L., DAVIES, J. K., BARTELL, F. E. — **La tension superficielle du gallium.** — J. Physic. Chem., 45,846, *1941.*
420. WEISER, H. B., MILLIGAN, W. O. — **Constitution de gels minéraux.** — Advances in colloid. Sci., 1,227, *1942.*
421. HAYNES, S. K. — **L'évaporation du gallium.** — Phys. Rev., 71,832, *1947.*
422. PENNER, S. S. — **Volumes libres des éléments métalliques à leur point de fusion.** — J. Chem. Phys., 16,745, *1948.*
423. HILDEBRAND, J. H. — **Sept phases liquides en équilibre.** — J. Phys. Colloid. Chem., 53,944, *1949.*
424. TURNBULL, D. — **La surfusion de métaux liquides.** — J. Appl. Phys., 20,817, *1949.*
425. KITTSLEY, S. L., GOEDEN, H. A. — **Huit phases liquides en équilibre.** — J. Am. Chem. Soc., 72,4841, *1950.*
426. KLEPPA, O. J. — **Vélocité des ultra-sons dans quelques métaux liquides.** J. Chem. Phys., 18,1331, *1950.*
427. TURNBULL, D. — **La surfusion d'agrégats de petites particules métalliques.** — J. Metals, 188,1144, *1950.*
428. SPICER, W. M., BARTHOLOMAY, H. W. — **La solubilité mutuelle du mercure et du gallium.** — J. Am. Chem. Soc., 73,868, *1951.*
429. MUKHERJEE, A. K. — **Fluidité et température. Cas du mercure et du gallium et étude critique.** — J. Ind. Chem. Soc., 28,826, *1951.*
430. ADAMS, G. B., JOHNSTON, H. L., KERR, E. C. — **Capacité calorifique du gallium de 15 à 320° K. Chaleur de fusion au point de fusion.** — J. Amer. Chem. Soc., 74,4784, *1952.*
431. ADAMS, G. B., JOHNSTON, H. L. — **Capacité calorifique de l'oxyde de gallium de 15 à 300° K.** — J. Amer. Chem. Soc., 74,4788, *1952.*
432. DE SORBO, W. — **La chaleur spécifique de Ga, fonction de T_2 aux basses températures.** — J. Chem. Phys., 21,168 et 1426, *1953.*
433. SPEISER, R., JOHNSTON, H. L. — **Pression de vapeur des substances minérales. Gallium.** — J. Am. Chem. Soc., 75,1469, *1953.*
434. BUBE, R. H., LARACH, S. — **Luminescence du phosphore contenant du gallium.** — J. Chem. Phys., 21,5, *1953.*

435. ARMSTRONG, G., ROTARIU, G. J. — **Solution liquide de gallium dans le phosphore jaune.** — J. Am. Chem. Soc., 76,5350, *1954.*
436. PLUMB, H. H. — **La conductivité thermique du gallium à basse température.** — Univ. Microfilms N° 9268 ; Dissert. Abstr., 14,1764, *1954.*
437. JACH, J., SEBBA, F. — **Fusion du gallium.** — Trans. Faraday Soc., 50, 226-31, *1954.*
438. ROSENBERG, H. M. — **La conductivité thermique de métaux à basse température.** — Phil. Trans. Roy. Soc. Lond., A 247, 441-97, *1955.*

Voyez aussi : 171 - 173 - 276 - 492 - 493 - 568 - 570 - 571 - 652 - 1065 - 1068.

Propriétés électriques

Magnétisme

445. GUNTZ, A., BRONIEWSKI, W. — **Sur la résistance électrique des métaux alcalins, du gallium et du tellure.** — Compt. Rend., 147,1474, *1908.*
446. OWEN, M. — **Propriétés magnétiques des éléments.** — Ann. Physik, 4,37,657, *1912.*
447. PASCAL, P. — **Les propriétés diamagnétiques des éléments suivant une loi périodique.** — Compt. Rend., 158,1895, *1914.*
448. BRIDGMAN, P. W. — **Mesures pour déterminer l'influence de la pression sur la résistance.** — Proc. Nat. Acad. Sc. Washington, 6,505, *1920.*
449. KAMERLINGH ONNES, H. — **Nouvelles expériences avec des supraconducteurs.** — Arch. Neerland., Ser. 3A,9/1,143, *1925.*
450. TUYN, W., KAMERLINGH ONNES, H. — **Nouvelles expériences avec des supraconducteurs.** — Arch. Neerland., Ser. 3A,9/2,5, *1925.*
451. TUYN, W., KAMERLINGH ONNES, H. — **Nouvelles mesures de la résistance électrique des métaux à la température de l'hélium liquide.** — Arch. Neerland. Exact. Nat., Ser. 3A,10,5, *1927.*
452. DE HAAS, W. J., VOOGD, J. — **Sur la supraconductivité du gallium.** Koninkl. Akad. Wetensch., Amsterdam, Wish. Natk. Afd., 37,702, *1928.*
453. KAPITZA, P. — **Le changement de la conductivité électrique dans un champ màgnétique fort.** — Proc. Roy. Soc. London, Ser. A.123,292, *1929.*
454. DE HAAS, W. J., VOOGD, J. — **Sur la supraconductivité du gallium.** — Koninkl. Akad. Wetensch. Amsterdam, 32,733, *1929.*
455. HAVESTADT, L., FRICKE, R. — **Sur le comportement diélectrique des hydroxydes.** — Z. Anorg. Chem., 188,357, *1930.*
456. DE HAAS, W. J., VOOGD, J. — **Mesure de la résistance électrique d'In, Tl et Ga purs à basse température.** — Kon. Ak. Wet. Amsterdam, Proc. 34,51, *1931.*
457. KAPITZA, P. — **Recherches sur les propriétés magnétiques des corps dans des champs magnétiques intenses.** — Proc. Roy. Soc. London, A135,568, *1932.*
458. DE HAAS, W. J., BLOM, J. W. — **Sur les modifications de résistance de cristaux de gallium dans un champ magnétique.** — Physica, 1,134, *1933.*
459. MOTT, N. F. — **La résistance des métaux liquides.** — Proc. Roy. Soc. London, A146,465, *1934.*
460. AUER, H. — **Mesures de susceptibilité de cristaux de Al mélangés.** — Z. Physik, 92,283, *1934.*
461. DE HAAS, W. J., BLOM, J. W. — **Sur les modifications de la résistance de cristaux de gallium dans un champ magnétique.** — Physica, 1,465, *1934.*
462. DE HAAS, W. J., BLOM, J. W. — **Sur les modifications de cristaux de gallium dans un champ magnétique.** — Physica, 2,952, *1935.*
463. FAKIDOV, I., LAZAREW, B. G. — **L'effet Hall dans le gallium solide.** — J. Phys. URSS, 7,677, *1935.*
464. FORRER, R. — **Sur la nature des électrons du courant dans la supraconductivité.** — J. Physique et Radium, 8,67, *1937.*

465. DE HAAS, W. J., BLOM, J. W. — **Influence du champ magnétique et de la température sur la résistance électrique d'un cristal de Ga. Variations de la résistance dans un champ magnétique.** — Physica, 4,767, *1937.*
466. DE HAAS, W. J., BLOM, J. W. — **Sur la résistance électrique dans un champ magnétique, et sur le diamagnétisme.** — Comm. Kamerlingh Onnes Lab. Univ. Leyden Suppl. Nr. 82c, 19S, *1937.*
467. KLEIN, O., LANGE, E. — **Travail d'extraction électronique des métaux.** Z. elektrochem., 44,542, *1938.*
468. SCHOENBERG. — **Propriétés de quelques supraconducteurs.** — Proc. Cambridge philos. Soc., 36,84, *1940.*
469. BATES, L. F., SOMEKH, E. M. — **Recherches sur les propriétés magnétiques des systèmes non homogènes.** — Proc. Phys. Soc. London, 56,182, *1944.*
470. BAND, W. — **Rapports entre diamagnétisme, supraconductivité, et répartition spatiale des électrons.** — Proc. Cambridge Phil. Soc., 58,525, *1946.*
471. DODD, C. — **La résistance électrique de Ga liquide au voisinage de son P. F.** — Proc. Phys. Soc., B63,662, *1950.*
472. BLOM, J. W. — **Etudes sur la résistance d'un cristal simple de gallium.** Physica, 16.144-152-171, *1950.*
473. BLOM, J. W. — **Magnéto-résistance de cristaux de gallium.** — M. Nijhoff, La Haye, 107 pages, *1950.*
474. GOODMANN, B. B., MENDOZA, E. — **Les champs magnétiques critiques de l'aluminium, du cadmium, du gallium et du zinc.** — Phil. Mag., 42,594, *1951.*
475. POWELL, R. W. — **La résistivité électrique du gallium et quelques propriétés anisotropiques de ce métal.** — Proc. Roy. Soc., A209,525, *1951.*
476. OLSEN-BÄR, M., POWELL, R. I. — **La résistivité électrique de cristaux de gallium à basse température.** — Proc. Roy. Soc., A209,542, *1951.*
477. BRIDGMAN, W. — **Résistance électrique de 72 éléments, alliages et composés sous une pression de 100 000 kg/cm².** — Proc. Amer. Ac. Arts. Sci., 81,165. *1952.*
478. GOODMANN, B. B. — **Superconductivité au-dessus de 10 K.** — Nat. Bur. Stand., 519,71, *1952.*
479. DEBYE, P. P. — **Effet Hall et conductivité du germanium contenant de l'arsenic ou du gallium comme impuretés.** — Phys. Rev., 91,208, *1953.*
480. CROFT, A. J., OLSEN-BÄR, J. L. — **Un essai pour trouver l'anisotropie dans les propriétés de superconducteur du gallium.** — Phil. Mag., 45, 123-5, *1954.*
481. NIEF, G., ROTH, E. — **Sur un phénomène de séparation d'isotopes provoqué par passage de courant électrique dans un métal fondu.** — Compt. Rend., 239, 162, *1954.*

Voyez aussi : 659
ainsi que, sur les **composés semi-conducteurs** : 646 - 648 - 649 - 650 - 651 - 652 - 655 - 656 - 717 - 718.

Electrochimie

490. UHLER, H. S., BROWNING, P. E. — **Sur l'électrolyse et la purification du gallium.** — Am. J. Sc., Silliman, (4), 42,389, *1916.*

491. FRUMKIN, A., GORODETZKAJA, A. — **Phénomènes électrocapillaires et formation de membranes avec le gallium liquide.** — Z. Physik. Chem., 136,215, *1928.*

492. SCHWARZ v. BERGKAMPF, E. — **Le potentiel normal et la chaleur de dissolution du gallium.** — Z. Elektrochem. Angew. Phys. Chem., 38,847, *1932.*

493. GORODETZKAJA, A., KABANOW, B. — **Propriétés électrocapillaires et mouillabilité des métaux.** — Chimitscheski Schurnal, 4,529, *1933.*

494. FOGG, H. C. — **Un aperçu sur l'électrochimie du gallium.** — Trans. Electrochem. Soc., 66, *1934.*

495. STELLING, O. — **Sur la dépendance des propriétés chimiques d'un élément de son état d'agrégation. Recherches sur le potentiel du gallium et de son amalgame dans les solutions de sels de gallium.** — Z. Elektrochem., 41,712,779, *1935.*

496. BUTTS, A., JOHNSON, W. A. — **Recherche sur les surtensions.** — Trans. Electrochem. Soc., 70,259, *1936.*

497. MURTAJAZEW, A., GORODETZKAJA, A. — **Courbe électrocapillaire du Ga II.** — Acta Physicochim. URSS, 4,75, *1936.*

498. ANTWEILER, H. J. — **Courant électrolytique à la cathode. Cathodes à goutte de Hg ou Ga.** — Z. Electrochem., 44,663, *1937.*

499. WILSON, C. L. — **Analogies entre méthodes de réduction électrolytiques et chimiques. Recherches avec l'acide scorbique. Remarques sur le mécanisme des réactions.** — Trans. Electrochem. Soc., 75, *1939.*

500. WILSON, K. B. et C. L. — **Réduction électrolytique de composés organiques.** — J. Chem. Soc., 874, *1941.*

501. THOMPSON, M. R. — **La constitution et les propriétés de bains d'électrolyse au cyanure.** — Trans. Electrochem. Soc., 79,435, *1941.*

502. KARPACHEW, S., STROMBERG, A. — **Phénomènes électrocapillaires et variations des métaux liquides.** — Acta Physicochim. URSS, 16,331, *1942.*

503. LLOYD, D. J., PUGH, W. — **Séparation du Ga et du Ge d'extraits alcalins de la germanite par l'électrolyse.** — J. Chem. Soc., 74, *1943.*

504. VERDIECK, R., YNTEMA, L. — **L'électrochimie des bains d'halogénures fondus d'al. Bains de bromure.** — J. Phys. Chem., 48,268, *1944.*

505. DAVIDSON, A. W. — **Oxydation anodique d'éléments du sous-groupe de l'aluminium dans l'anhydride acétique.** — J. Am. Chem. Soc., 72,1700, *1950.*

506. KURTEPOV, M. M., FEDOSEEVA, A. S. — **Electrode de potentiel irréversible dans les solutions d'acide fluorhydrique.** — Dokl. Ak. Nauk. SSSR, 75,563, *1950.*

507. Mc. ELROY, A. D., KLEINBERG, J., DAVIDSON, A. W. — **L'oxydation anodique des termes supérieurs de la famille de l'aluminium dans l'ammoniaque liquide.** — J. Am. Chem. Soc., 74,736, *1952.*

508. FRUMKIN, A. N. — **Réduction électrolytique et point 0 de métaux.** — Vest. Moskov. Univ., 7,37, *1952.*

509. BOCK, R. — **Sur le dépôt électrolytique de divers éléments à la cathode de Hg.** — Oesterr. Chem. Z., 54,150, *1953.*
510. SALTMAN, W. M., NACHTRIEB, N. H. — **L'électrochimie du gallium.** — J. Electroch. Soc., 100,126, *1953.*
511. BOCK, R., HACKSTEIN. — **Dépôt électrolytique d'éléments sur une cathode de mercure.** — Z. Anal. Chem., 138,339, *1953.*
512. GIGUERE, P. A., LAMONTAGNE, D. — **Polarographie avec une électrode à gouttes de gallium.** — Science, 120,390, *1954.*

Voyez aussi : 171 - 173 - 216 - 416.

L'ion Ga

520. JARVIS, C. W. — **Potentiels d'ionisation.** — Phys. Rev., 27,248, *1926.*
521. PAULING, L. — **Les dimensions des ions et la structure des cristaux ioniques.** — J. Amer. Chem. Soc., 49,765, *1927.*
522. JARVIS, C. W. — **Ionisation et potentiel de résonance du gallium et de l'indium.** — Phys. Rev., 29,442, *1927.*
523. BRATA, L. — **Emission d'ions métalliques de la surface d'oxydes. I. Identification des ions par des mesures de mobilité.** — Proc. Roy. Soc. London, A141,454, *1933.*
524. POWELL, C. F., BRATA, L. — **Emission d'ions métalliques de la surface d'oxydes. II. Mécanisme des émissions.** — Nature, 131,168, *1933.*
525. ZINTL, E., KAISER, H. — **Sur les capacités des éléments à la formation d'ions négatifs.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 211,113, *1933.*
526. ROTH, W. A., BUCHNER, A. — **Sur les chaleurs d'ionisation de quelques métaux.** — Z. Elektrochem., 40,87, *1934.*
527. BRATA, L. — **Emission d'ions métalliques de la surface d'oxydes.** — Proc. Roy. Soc. London, 141,454, *1935.*
528. BLEWETT, J. P., JONES, E. J. — **Une source d'ions positifs en forme de fil.** — Phys. Rev., 50,464, *1936.*
529. WEHRLI, M., HÄLG, W. — **Photodissociation de molécules diatomiques en ions.** — Helv. Phys. Acta, 15,315, *1942.*
530. WEHRLI, M., HÄLG, W. — **Photodissociation de molécules diatomiques en ions.** — Naturwiss., 31,439, *1943.*
531. HÄLG, W. — **Photodissociation de molécules diatomiques en ions par irradiation entre 1700 et 2200 Ao.** — Helv. Phys. Acta, 16.371, *1943.*
532. NEKRASOV, B. N. — **Energie de la plus haute valence d'ionisation de métaux lourds.** — J. Gen. Chem. URSS, 16,1567, *1946.*
533. CHARLOT, G. — **Sur les phénomènes d'oxydoréduction en chimie analytique.** — Anal. Chim. Acta, 2,163, *1948.*
534. WILSON, A. S., TAUBE, H. — **L'affinité de l'ion chromique et de l'ion gallium pour l'ion fluorure.** — J. Am. Chem. Soc., 74,3509, *1952.*
535. BUCK, R. P., SINGHADEJA, S., ROGERS, L. B. — **Spectre d'absorption U. V. de quelques ions minéraux en solutions aqueuses.** — Anal. Chem., 26, 1240-2, *1954.*

Etudes cristallographiques

(Métal et combinaisons - Pour les alliages, voir à ce chapitre)

540. GOLDSCHMIDT, V. M., BARTH, T., LUNDE, G. — **Lois géochimiques de répartition des éléments. Isomorphie et polymorphie des sesquioxydes.** — Norske Videnskaps Akad., N° 7, *1925.*

541. ASTBURY, W. T. — **La structure et l'isotrimorphisme des acétylacétones métalliques trivalentes.** — Proc. Roy. Soc. London, A112,448, *1926.*

542. JAEGER, F. M., TERPSTRA, P., WESTENBRINK, H. G. — **La structure cristalline du gallium.** — Koninkl. Akad. Wetensch. Amsterdam, 35,832, *1926.*

543. GOLDSCHMIDT, V. M. — **Répartition géochimique des éléments. Structure et propriétés des cristaux.** — Skrifted Utgitt Avdet Norske Videnskaps-Akademie, Oslo - I. Matem. Naturvid., *1926.*

544. GOLDSCHMIDT, V. M. — **Construction de cristaux.** — Z. f. Techn. Physik, 8,251, *1927.*

545. JAEGER, F. M., TERPSTRA, P., WESTENBRINK, H. G. — **La structure cristalline du gallium métallique.** — Z. f. Krystallogr., 66,195, **1928.**

546. ZACHARIASEN, W. H. — **Recherches sur la structure cristalline des sesquioxydes et combinaisons du type ABO_3.** — Norske Vidensk. Akad. Oslo, I. Mat.-Naturwid, 4,1, *1928.*

547. BARTH, T. F., POSNJAK, E. — **Sur la structure Spinelle.** — J. Acad. Sc. Washington, 21,255, *1931.*

548. GOLDSCHMIDT, V. M. — **Sur la relation cristallochimique entre le gallium, l'aluminium, le germanium et le silicium.** — Norsk. Geologisk. Tidskr., 12,247, *1931.*

549. BUSCHENDORF, F. — **Sur une spinelle de gallium et zinc ZnO_4Ga_2.** — Z. Physik. Chemie, B14,297, *1931.*

550. BUSCHENDORF, F. — **Sur une spinelle de gallium et zinc ZnO_4Ga_2.** — Fortschr. Mineral., Krystall., Petrogr., 16,51, *1931.*

551. HAUPTMANN, H., NOVAK, J. — **Constantes de réseau de quelques combinaisons du type spinelle.** — Z. Physik. Chem., B15,365, *1932.*

552. BARTH, T. F., POSNJAK, E. — **Corps à structure spinelle.** — Z. Kryst., 82,325, *1932.*

553. MACHATSCHKI, F. — **La spinelle magnésium-gallium.** — Z. Kryst., 82,348, *1932.*

554. LAVES, F. — **Structure cristalline du gallium.** — Naturwiss. 20,472, *1932.*

555. MENKE, H. — **Interférences aux rayons X de liquides.** — Physik. Ztschrft., 33,593, *1932.*

556. LAVES, F. — **Structure cristalline et morphologie du gallium.** — Z. Krystallogr., 84,256, *1933.*

557. BRIDGMAN, P. W. — **Polymorphisme, principalement pour les éléments, jusqu'à une pression de 50 000 kg/cm².** — Phys. Rev., (2), 48,893, *1935.*

558. BRADLEY, A. J. — **La structure cristalline du gallium.** — Z. Kryst., 91,302, *1935.*

559. SHDANOW, G. S., LIRMAN, G. W. — **La structure cristalline de NGa.** Shurnal Experimentalnoi i Teoretitscheskoi Fisiki, 6,1201, *1936.*

560. MILLIGAN, W. O., WEISER, H. B. — **Recherches aux rayons X sur les Ox. hydratés - Ga, In et Tl.** — J. Amer. Chem. Soc., 59,1670, *1937.*

561. REXER. E. — **Traitements à chaud et diffusion dans les cristaux.** — Z. Physik., 106,93, *1937.*
562. BOHM, J., KAHAN, K. — **Sur un hydroxyde de Ga à structure diaspore.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 238,350, *1938.*
563. JUZA, R., HAHN, H. — **Sur la structure cristalline des nitrures de Cu, Ga et In.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 239,282, *1938.*
564. WEISER, H. B., MILLIGAN, W. O. — **Recherches électroniques aux rayons X sur des oxydes hydratés amorphes.** — Z. Physik. Chem., 44,1081, *1940.*
565. WALLBAUM, H. J. — **Sur l'isomorphisme entre Al_3Ti, Ga_3Ti et Ga_3Zn.** Z. Metallkunde, 34,118, *1942.*
566. GJESSING, L., LARSSON, T., MAJOR, H. — **Substitution isomorphe de Al dans le composé Be Al_2O_4.** — Norsk. Geol. Tids., 22,92, *1942.*
567. BRANDT, K. — **Etudes aux rayons X sur des composés du type rutile BO_4A et du type colombite B_2O_6A (où B et A = divers élém.).** — Arkiv. Kemi, Mineral. Geol., 17A,15, *1943.*
568. FREVEL, L., RINN, H., ANDERSON, H. — **Données sur la diffraction de substances isomorphes tétragonales.** — Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 18 83, *1946.*
569. JUZA, R., HUND, F. — **Structure cristalline de N_2Li_3Ga, etc.** — Naturwiss., 33,121, *1946.*
570. TARASOW, W. W. — **Théorie sur la chaleur spécifique des hauts polymères. Réseaux stratifiés.** — C. R. Sc. URSS, 54,795, *1946.*
571. VERWEY, E. J., HEILMANN, E. L. — **Les propriétés physiques et arrangements de cations des oxydes à structure spinelle.** — J. Chem. Phys., 15,174, *1947.*
572. MILLIGAN, W. O., MERTEN WATT, L., RACHFORD, H. H. — **Etude de diffraction aux rayons X d'orthovanadates de métaux lourds.** — J. Phys. Colloid. Chem., 53,227, *1949.*
573. POWELL, R. W. — **Quelques propriétés anisotropiques du gallium.** — Nature, 164,153, *1949.*
574. HAHN, H., KLINGLER, W. — **Sur la structure cristalline de S_3Ga_2, Se_3Ga_2 et Te_3Ga_2.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 250,135, *1949.*
575. POWELL, R. W. — **Anisotropie du gallium et structure cristalline.** — Nature, 166,1110, *1950.*
576. ROY, R., HILL, V. G., OSBORN, E. F. — **Polymorphie de Ga_2O_3 et du système Al_2O_3 - Ga_2O_3 - H_2O.** — J. Am. Chem. Soc., 74,719, *1952.*
577. HILL, V. G., ROY, R., OSBORN, E. F. — **Le système Al_2O_3 - Ga_2O_3 - H_2O.** J. Amer. Ceram. Soc., 35,135, *1952.*

579. ROY, R., HILL, V. G., OSBORN, E. F. — **Formes polymorphes d'alumine et de sesquioxyde de gallium.** — Industr. Eng. Chem., 45,819, *1953.*
580. HAHN, H., etc. — **Recherches sur les chalcogénures ternaires. Sur quelques chalcogénures ternaires à structure de chalcopyrite.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 271,153, *1953.*
581. ROY, R. — **Substitutions multiples d'ions dans le réseau de la perovskite.** — J. Am. Ceram. Soc., 37,581, *1954.*
582. GOLDSMITH, J. R., LAVES, F. — **Substitution de cation dans l'anorthite $CaAl_2Si_2O_8$ par Ga ou Ge.** — Z. Krist., 106,213, *1955.*

583. HAHN, H. — **Structure des chalcogénures de gallium.** — Angew. Chem., 64, 203, *1952.*

584. MOELLER, T., KING, L. — **Formation de gallates à haute température.** — J. Am. Chem. Soc., 75, 6060-1, *1953.*

584 a. SCHUBERT, K., DORRE, E. — **Structure cristalline de GaSe.** — Naturwiss., 40, 604-5, *1953.*

584 b. LAVES, F., GOLDSMITH, J. R. — **La superstructure anorthite.** — Acta Cryst., 7, 131, *1954.*

584 c. ROY, D. M., ROY, R. — **Une étude expérimentale sur la formation et les propriétés de serpentines synthétiques.** — Am. Mineralogist., 39, 957-75, *1954.*

584 d. HAHN, H. et al. — **Chalcogénures ternaires - VI. Chalcogénures ternaires de Al, Ga et In avec Zn, Cd et Hg.** — Z. Anorg. Chem., 279, 241-70, *1955.*

584 e. HAHN, H., de LORENT, C. — **Chalcogénures ternaires - VII. Synthèse d'oxydes ternaires d'Al, Ga et In avec Cu monovalent et Ag.** — Z. Anorg. Chem., 279, 281-8, *1955.*

Voyez aussi : 116 - 281 - 416 - 693 - 695 - 706.

Alliages

585. BROWNING, P. E., UHLER, H. S. — **Sur un alliage gallium-indium.** — Am. Journ. Sci. Silliman, (4), 41,351, *1916.*
586. DAVIES, KEEPING. — **Sur la susceptibilité magnétique de quelques amalgames et combinaisons binaires.** — Phil. Mag., (7), 7,145, *1929.*
587. PUSCHIN, N. A., STEPANOVIC, S., STAJIC, V. — **Sur les alliages du gallium avec Zn, Cd, Hg, Sn, Pb, Bi et Al.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 209,329, *1932.*
588. LINDE, J. O. — **Propriétés électriques d'alliages en petits cristaux dispersés.** — Ann. Physik., (5), 15,219, *1932.*
589. KROLL, W. — **Alliages de gallium.** — Metall Wirtschaft, 11,435, *1932.*
590. PUSCHIN, N. A., STAJIC, V. — **Sur les alliages du gallium avec l'aluminium.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 216,26, *1933.*
591. HUME-ROTHERY, W., MABBOTT, G. W., CHANNEL EVANS, K. M. — **Les points de solidification et de fusion et les limites de la formation de solutions solides dans les alliages d'argent et de cuivre avec les éléments du sous-groupe B.** — Phil. Trans. Roy. Soc. London, A233,721, *1934.*
592. WEIBKE, F. — **Les graphiques du système cuivre-indium et du système cuivre-gallium.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 220,273, *1934.*
593. JENCKEL, E. — **Les alliages de l'aluminium avec le gallium.** — Z. Metallkunde, 26,249, *1934.*
594. HOGE, H. J. — **L'anisotropie magnétique de Sn et de Sn + Sb, Cd ou Ga.** — Phys. Rev., (2), 48,615, *1935.*
595. HUME-ROTHERY, W., LEWIN, G. F., REYNOLDS, P. W. — **Constantes de réseau des solutions solides primaires en Ag et Cu.** — Proc. Roy. Soc. London, A,157,167, *1936.*
596. WEIBKE, F., MEISEL, K., WIEGELS, L. — **Diagramme du système Ag-Ga.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 226,201, *1936.*
597. ZINTL, E., TREUSCH, O. — **Analyse aux rayons X des bronzes de gallium.** — Zeit. Physik. Chem., B,34,225, *1936.*
598. LAVES, F. — **Comparaison des concentrations en volumes et en distances dans les combinaisons métalliques.** — Metall Wirtsch., 15,631, *1936.*
599. CICHOCKI, J. — **Recherche théorique sur les solutions solides, leur énergie latente et leur constante de réseau.** — J. Phys. et Radium, 8,391, *1937.*
600. HUME-ROTHERY, W., RAYNOR, G. V. — **Constitution des alliages Cu-Ga dans le domaine 18-32 atomes % de gallium.** — J. Inst. Metals, 61,782,419, *1937.*
601. PUSCHIN, N. A., MICIC, O. D. — **Sur les alliages de Ga avec Mg et Al.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 234,229,233, *1937.*
602. ZINTL, E., HARDER, A., HAUCKE, W. — **Phases d'alliages à structure fluorite.** — Z. Phys. Chem., B,35,354, *1937.*
603. HUME-ROTHERY, W., RAYNOR, G. V. — **La constitution des alliages riches en Mg dans les systèmes Mg-Al,-Ga,-In,-Tl.** — J. Inst. Metals, 804, *1938.*

604. HUME-ROTHERY, W., RAYNOR, G. V. — **Facteurs influençant le liquidus, le solidus et les courbes de solubilité à l'état solide dans quelques alliages de Mg.** — J. Inst. Metals, 805,227, *1938.*
605. FRENCH, S., SAUNDERS, D., INGLE, G. — **Le système gallium-indium.** — J. Phys. Chem., 42,265, *1938.*
606. HAUCKE, W. — **Sur les alliages de Mg avec Ga, In Tl.** — Naturwiss., 26,577, *1938.*
607. IANDELLI, A. — **Sur la structure cristalline de quelques combinaisons entre métaux des terres rares.** — Atti X^{e} Congr. Int. Chim. Roma, 2,688, *1938.*
608. OWEN, E. A., ROBERTS, E. W. — **Sur la solubilité de quelques éléments dans le cuivre et l'argent.** — Phil. Mag., 27,294, *1939.*
609. MOELLER, K. — **Sur le réseau cristallin mêlé Ga-Ag-Zn dans le système ternaire Ag-Ga-Zn.** — Z. Metallkunde, 31,19, *1939.*
610. WEIBKE, F. — **Sur les alliages du Ga et de l'In.** — Z. Metallkunde, 31,228, *1939.*
611. WEIBKE, F., HESSE, E. — **Sur les alliages de Ga avec Au.** — Z. Anorg. All. Chem., 240,289, *1939.*
612. LAVES, F., WALLBAUM, H. J. — **Pour la chimie cristalline des alliages de Ti.** — Naturwiss., 27,674, *1939.*
613. ANDREWS, K. W., HUME-ROTHERY, W. — **Sur les types α/β d'équilibre du type laiton.** — Proc. Roy. Soc. London, A178,464, *1941.*
614. HUME-ROTHERY, W. — **La structure des alliages.** — Brit. non ferrous Metals Research. Assoc., Research Repts. Assoc., 562, *1941.*
615. HUME-ROTHERY, W., ANDREWS, K. — **Le diagramme d'équilibre du système Ag-Ga.** — J. Inst. Metals, 68,133 et 216, *1942.*
616. STOCKDALE, D. — **Diagramme d'équilibre du système Ag-Ga. La région de la phase α.** — J. Inst. Metals, 68,215, *1942.*
617. RAYNOR, G. V. — **Constantes de réseau des solutions solides primaires des métaux du groupe III b et de Zn et Pb dans Mg.** — Proc. Roy. Soc. London, A180,107, *1942.*
618. FRYE, J. H., CAUM, J. W. — **La dureté de certaines solutions solides primaires du cuivre.** — Trans. Am. Inst. Mining, 1554, *1943.*
619. FRYE, J. H., CAUM, J. W., TRECO, R. M. — **Dureté et force de réseau dans les solutions solides.** — Trans. Am. Inst. Mining, 1572, *1943.*
620. KLEMM, W., BOMMER, H., ENDTER, F., KROSE, E. — **Chimie dans l'espace des terres rares, dans les composés métalliques.** — Z. Anorg. Chem., 252,67, *1943.*
621. RICHTER, H. — **La structure amorphe de métalloïdes, métaux et alliages.** — Physik Z., 44,406, *1943.*
622. LAVES, F. — **La structure cristalline de $CaGa_2$, $LaGa_2$ et $CeGa_2$.** — Naturwiss., 31,145, *1943.*
623. KROLL, W. J. — **Métaux rares comme constituants d'alliages légers.** — Light Metal Age, 3,23,45, *1945.*
624. OWEN, E. A., O'DONNEL ROBERTS, E. A. — **La solubilité de certains métaux dans l'or.** — J. Inst. Metals, 71,213, *1945.*
625. MAKAROW, E. S. — **Groupes de phase homologue.** — Bull. Ac. Sc. URSS, 569, *1945.*
626. RAUB, E., ENGEL, M. — **Alliages d'aluminium avec In et Tl.** — Metallforsch., 1,148, *1946.*

627. OWEN, E. A. — **Solutions solides primaires binaires.** — J. Inst. Metals, 73,471, *1947.*
628. IANDELLI, A. — **Composés intermétalliques des éléments peu électropositifs.** — Gazz. Chim. Ital., 77,24, *1947.*
629. HAMES, F. A., EPPELSHEIMER, D. S. — **Quelques nouveaux alliages ferromagnétiques de manganèse.** — Nature, 162,968, *1948.*
630. AXON, H. J., HUME-ROTHERY, W. — **Espacements de réseaux de solutions solides de différents éléments dans l'aluminium.** — Proc. Roy. Soc. London, A193,1, *1948.*
631. KLEMM, W. — **Le comportement des éléments du 3e groupe entre eux et avec ceux du 4e groupe.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 256,239, *1948.*
632. HAMES, F. A., EPPELSHEIMER, D. S. — **Alliages ferromagnétiques cuivre-manganèse-indium et cuivre-manganèse-gallium.** — J. Metals, 1,495, *1949.*
633. IANDELLI, A. — **Alliages praséodyme-gallium.** — Gazz. Chim. Ital., 79,70, *1949.*
634. HELLNER, E. — **Le système Ni-Ga.** — Z. Metallkunde, 41,480, *1950.*
635. SCHAETTI, N., BAUMGARTNER, W., FLURY, C. — **L'effet photo-électrique des cathodes de Cs-Ga, Cs-In et Cs-Tl.** — Helv. Phys. Acta, 24,609, *1951.*
636. ALLEN, N. P., SCHOFIELD, T. H., TATE, A. E. — **Propriétés mécaniques des solutions solides α de Cu avec Zn, Ga, Ge et As.** — Nature, 168,378, *1951.*
637. HELLNER, E. — **Nouveaux composés intermétalliques.** — Fortschr. Mineral, 30,59, *1951.*
638. ECKERT, R. E., DRICKAMER, H. G. — **Diffusion de l'indium dans le gallium au voisinage de son point de fusion.** — J. Chem. Phys., 20,532, *1952.*
639. DENNY, J. P., HAMILTON, J. H., LEWIS, J. R. — **Constitution du système Ga-In.** — J. Metals, USA, 4,39, *1952.*
640. EVANS, R. M., FROMM, E. A., JAFFEE, R. I. — **Une méthode sensible pour l'étude thermique d'alliages à bas points de fusion.** — J. Metals, 4,74, *1952.*
641. EVANS, R. M., JAFFEE, R. I. — **Alliages de gallium à bas points de fusion.** — J. Metals, 4,153, *1952.*
642. BETTERTON, J. O., HUME-ROTHERY, W. — **Diagramme d'équilibre du système Cu-Ga dans la région 30-100 at. % de Ga.** — J. Inst. Metals, 80,459, *1952.*
643. HUME-ROTHERY, W., BETTERTON, J. O., REYNOLDS, J. — **Les facteurs affectant la formation de composés à 21/13 électrons dans les alliages de Cu et Ag.** — J. Inst. Metals, 80,609, *1952.*
644. KOSTER, W., HORN, E. — **Influence de Ag, Au, Cd, Ga, etc., sur le polymorphisme du cobalt.** — Z. Metallkunde, 43,333, *1952.*
645. IANDELLI, A., FERRO, R. — **Quelques alliages de l'uranium avec des éléments des groupes III et IV.** — Ann. Chim. (Ital.), 42,598, *1952.*
646. WELKER, H. — **Nouveaux composés semi-conducteurs.** — Z. Naturforsch., 7a,744 et 8a,248, *1952.*
647. KECK, P. H., BRODER, J. — **Solubilité du silicium et du germanium dans le gallium et l'indium.** — Phys. Rev., 90,521, *1953.*
648. GANS, F., LAGRENAUDIE, J., SEQUIN, P. — **Préparation et propriétés d'arséniures semi-conducteurs.** — Compt. Rend., 237,310, *1953.*

649. BRECKENRIDGE, R. G. — **Alliages semi-conducteurs.** — Phys. Rev., 90,488, *1953.*
650. BRECKENRIDGE, R. G. et al. — **Les composés intermétalliques InSb, GaSb et AlSb.** — Conf. d'Amsterdam sur les semi-cond. ; Physica, 20,1073, *1954.*
651. BARRIE, R. et al. — **Quelques propriétés de l'arséniure de Ga.** — Conf. d'Amsterdam sur les semi-cond. ; Physica, 20,1087, *1954.*
652. BLUNT, R. F., HOSLER, W. R., FREDERICKSE, H. P. — **Propriétés électriques et optiques de composés intermétalliques. III. Antimoniure de gallium.** — Phys. Rev., 96,571, *1954.*
653. GREENWALD, S., PICKART, S. J., GRANNIS, F. H. — **Distribution de cations et facteurs g de certaines spinelles contenant Ni, Mn, Co, Al, Ga et Fe.** — J. Chem. Phys., 22,1597, *1954.*
654. GREINER, E. S., BREIDT, P. Jr. — **Point de fusion du germanium et constitution de quelques alliages germanium-gallium.** — J. Metals, 7,187, *1955.*
655. GREENFIELD, J. G., SMITH, R. L. — **Le système gallium-antimoine.** — J. Metals, 7,203,351, *1955.*
656. DETWILER, D. P. — **Propriétés électriques de l'antimoniure de gallium.** Phys. Rev., 97,1575, *1955.*
657. SCHUBERT, K., DÖRRE, E., KLUGE, M. — **Cristallochimie des métaux du groupe B. Structure cristalline de GaSe et InSe.** — Z. Metallkunde, 46,216, *1955.*
658. KÖSTER, W., THOMA, B. — **Les systèmes Ga-Sb, Ga-As et Al-As.** — Z. Metallkunde, 46,291, *1955.*
659. TANENBAUM, M., PEARSON, G. L., FELDMANN, W. L. — **Magnétorésistance de monocristaux de InSb et GaSb.** — Phys. Rev., 93,912, *1954.*
659 a. GOBRECHT, H., SPEER, F. — **Emission secondaire de semi-conducteurs défectueux.** — Z. Physik., 135, 602-14, *1953.*
659 b. LEIFER, H. N., DUNLAP, W. C. — **Quelques propriétés d'antimoniure de gallium du type p de 15 à 925° K.** — Phys. Rev., 95, 51-6, *1954.*
659 c. MASSALSKI, T. B., RAYNOR, G. V. — **La constitution d'alliages Cu-Zn-Ga riches en cuivre.** — J. Inst. Metals, 82, 539-44, *1954.*
659 d. NEIGHBOURS, J. R., SMITH, C. S. — **Constante élastique d'alliages de cuivre.** — Acta Mét., 2, 591-6, *1954.*
659 e. PEARSON, W. B. — **Le super-réseau nickel-gallium (Ni_3Ga).** — Nature, 173, 364, *1954.*
659 f. SVIRBELY, W. J., SELIS, S. M. — **Le système indium-gallium.** — J. Phys. Chem., 58, 33-5, *1954.*
659 g. SPENGLER, H. — **Constitution de systèmes binaires, ternaires et quaternaires de métaux du groupe B - Systèmes avec le gallium.** — Z. Metallkunde, 46, 464-7, *1955.*
659 h. GENTA, V., FIORANI, M., VALENTI, V. — **Etudes thermodynamiques sur les systèmes métalliques - Le système liquide Zn-Ga.** — Gazz. Chim. Ital., 85, 103-10, *1955.*
659 i. GENTA, V., VALENTI, V., FIORANI, M. — **Recherches thermodynamiques sur les systèmes métalliques - Système gallium-zinc.** — Gazz. Chim. Ital., 85, 614-27, *1955.*

Voyez aussi : 718 - 1057 - 1059.

Chimie du gallium

I. *Généralités - Propriétés chimiques du métal - Oxyde - Composés divers*

660. FRICKE, R., BLENCKE, W. — **Sur des hydroxydes métalliques vieillissants.** — Z. Elektrochem., 30,393, *1924.*
661. MARCHAL, G. — **Recherches sur la décomposition des sulfates métalliques par la chaleur.** — Journ. Chim. Phys., 22,413,493,559, *1925.*
662. BERGSTROM, F. W. — **Déplacement de métaux de solutions de leurs sels par des métaux peu électropositifs.** — Journ. Amer. Chem. Soc., 47,1836, *1925.*
663. FRICKE, R., BLENCKE, W. — **Contribution à la chimie du gallium.** — Z. Anorg. Chem., 143,183, *1925.*
664. FRICKE, R., MEYRING, K. — **Contribution à la chimie du gallium.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 176,325, *1928.*
665. TCHAKIRIAN, A., — **Acétate basique, sulfate et oxalate de gallium.** — C. R. Acad. Sc., 189,251, *1929.*
666. FRICKE, R. — **Quelques points de vue sur les changements des hydroxydes.** — Koll. Ztschrft., 49,229, *1929.*
667. BRUKL, A., ORTNER, G. — **Les sulfures de gallium.** — Naturwiss. 18,393, *1930.*
668. BRUKL, A., ORTNER, G. — **Les sulfures de gallium** (suite). — Monatsh. Chem., 56,358, *1930.*
669. JOHNSON, W. C., WARREN, B. — **Les sulfures de gallium** (suite). — Naturwiss., 18,666, *1930.*
670. BRUKL. A., ORTNER, G. — **Les oxydes de gallium.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 203,23, *1931.*
671. WARTENBERG, H., REUSCH, H. J. — **Diagrammes de fusion d'oxydes réfractaires. IV. Alumine.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 207,1, *1932.*
672. KLEMM. W., JACOBI, H. — **Les chaleurs de formation des combinaisons du gallium et de l'indium.** — Z. f. Anorg. Allg. Chem., 207,177, *1932.*
673. ROTH, W. A., BECKER, G. — **Nombre d'ordre et chaleur de formation.** — Z. Physik. Chem., A159,1, *1932.*
674. WAINER, E. — **L'enrichissement en gallium par l'absorption par les hydroxydes de Al et Fe.** — J. Amer. Chem. Soc., 56,348, *1934.*
675. CRAIG, W. M., DRAKE, G. W. — **Préparation et propriétés du gallium et du trichlorure de gallium.** — J. Amer. Chem. Soc., 56,584, *1934.*
676. GILFILLAN, E. S., BENT, H. E. — **L'activité du sodium et du potassium dissous dans le gallium.** — J. Amer. Chem. Soc., 56,1661, *1934.*
677. BROWN, F. E., GRIFFITS, F. A. — **Oxychlorure de vanadium comme solvant.** — Iowa State Coll. J. Sci., 9,89, *1934.*
678. KLEMM, W., v. VOGEL, H. R. — **Mesures sur les combinaisons de gallium et d'indium. Composés sulfurés.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 219,45, *1934.*
679. BRINTZINGER, H., WALLACH, J. — **Combinaisons « Hydroxo ».** — Angew. Chem., 47,61, *1934.*
680. CENTOLA, G. — **La décomposition thermique de quelques sels de gallium et la structure des oxydes correspondants.** — Congr. Int. Quim. Pura, Apl., 9,III,280, *1934.*

681. KLEMM, W., SCHNICK, I. — **Mesures sur les combinaisons de Ga et In. XI. Chaleur de formation de l'oxyde de Ga+.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 226,353, *1936.*
682. PUSCHIN, N. A., ZIVADINOVIC, R. D. — **Sur un nitrate basique de gallium.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 228,225, *1936.*
683. NEOGI, P., NANDI, S. K. — **Nouvelles combinaisons du gallium.** — J. Indian Chem. Soc., 13,399, *1936.*
684. SCHWAB, G. M., MARTIN, H. H. — **Comportement des catalyseurs au « point de transition ».** — Z. Electrochem., 43,610, *1937.*
685. WEISER, H. B., MILLIGAN, W. O. — **Les hydroxydes de quelques éléments rares.** — J. Physik. Chem., 42,673, *1938.*
686. NEOGI, P., DUTT, N. K. — **Nouvelles combinaisons du gallium. III. Préparation de complexes oxaliques du Ga et leurs isoméries optiques.** — J. Indian Chem. Soc., 15,83, *1938.*
687. LAUBENGAYER, A. W., INGLE, H. R. — **Le sesquioxyde et les hydroxydes du gallium.** — J. Amer. Chem. Soc., 61,1210, *1939.*
688. BILTZ, W. — **Emploi du procédé d'extraction à l'ammoniaque pour des hydroxydes et oxydes hydratés.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 244,281, *1940.*
689. HIEBER, W., TELLER, U. — **Sur des métaux-carbonyle. Synth. à haute pression de dérivés du cobalt-carbonyle.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 249,43, *1942.*
690. JUZA, R. — **Composés semblables de In, Al, Ga, Tl.** — Chemie, 55,45, *1942.*
691. NEOGI, P., MANDAL, K. L. — **Composés du Ga. IV. Alun de Ga et hydroxylamine, et sulfates doubles de Ga et amines aliph. prim., sec. et tertiaires.** — J. Indian Chem. Soc., 19,67, *1942.*
692. NEOGI, P., MANDAL, K. L. — **Composés de Ga. V. Laques de Ga et alizarine, sels de Ga d'acides isomères géomètr. ou optiques et sulfates doubles avec éthylène ou propylène diamine.** — J. Indian Chem. Soc., 19,67, *1942.*
693. KLUG, H. P., KIEFFER, G. L. — **Etude cristallo-chimique des aluns. Aluns de gallium.** — J. Am. Chem. Soc., 65,2071, *1943.*
694. JANDER, G., HECHT, H. — **Chimie dans le SO_2 liquide. Le comportement amphotère des sulfites et oxydes dans SO_2 liq.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 250,287, *1943.*
695. SCHWAB, G. M., HOLZ, G. — **Concentration électronique, détachement de réseau et catalyse.** — Naturwiss., 31,345, *1943.*
696. IVANOW-EMIN, B. N., RABOWIK, Y. I. — **La chimie du gallium. I. Les propriétés acides de l'hydroxyde de gallium.** — J. Gen. Chem. URSS, 14.781, *1944.*
697. BELL, R., LONGUET-HIGGINS, H. — **Les vibrations normales des molécules X_2Y_6 en pont.** — Proc. Roy. Soc. London, A183,357, *1945.*
698. KARANTASSIS, T., SAKELLARIDES, P. — **Les cyanures de nickel et de Be, Zn, Cd, Ga, Tl et Nd.** — Compt. Rend., 224,1640, *1947.*
699. HECHT, H., JANDER, G., SCHLAPMANN, H. — **L'action du chlorure de thionyle sur les oxydes.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 254.255, *1947.*
700. IVANOV-EMIN, B. N., RABOVIK, Y. I. — **Chimie du gallium. II. Hydroxygallates de métaux alcalins et alcalino-terreux.** — J. Gen. Chem. URSS, 17,1061, *1947.*
701. IVANOV-EM N, B. N., RABOVIK, Y. I. — **Chimie du gallium. III. Thiogallates de métaux alcalins.** — J. Gen. Chem. URSS, 17,1247, *1947.*

702. DUDLEY, H. C., GARZOLI, R. F. — **Préparation et propriétés du lactate de gallium.** — J. Am. Chem. Soc., 70,3942, *1948.*

703. LACROIX, S. — **Etude de quelques complexes et composés peu solubles des cations Al, Ga et In.** — Ann. Chim., 4,5, *1949.*

704. X. — **Etudes comparées sur la chimie du gallium.** — Univ. Illinois Rept., N° 12, *1949.*

705. MOELLER, T., KING, G. L. — **Etude physicochimique sur les solutions salines du gallium** (III). — J. Phys. Colloid. Chem., 54,999, *1950.*

706. GOLDSMITH, J. R. — **Substitution du gallium et du germanium dans des feldspaths synthétiques.** — J. Geol., 58,518, *1950.*

707. KUSNETZOV, V. I. — **Dissociation interne, couleur et activité chimique de complexes internes et de sels cycliques.** — J. Chim. Gen. URSS, 20,807, *1950.*

708. DELEPINE, M. — **Action des dithiocarbamates sur les sels de Al, Ga et In.** — Ann. Chim. Fr., 6,633, *1951.*

709. DELEPINE, M. — **Action du xanthate de K sur les sels de Al, Ga et In.** — Ann. Chim. Fr., 6,645, *1951.*

710. FOSTER, L. M., STUMPF, H. C. — **Analogies dans les systèmes de la galline et de l'alumine. Préparation et propriétés de quelques gallates à faibles teneurs en alcali.** — J. Am. Chem. Soc., 73,1590, *1951.*

711. BLANCO, R. E., PERKINSON, J. D. — **Préparation du citrate de gallium par échange d'ions.** — J. Am. Chem. Soc., 73,2696, *1951.*

712. HAUFFE, K., BLOCK, J. — **Dépendance de la pression d'oxygène de la conductivité électrique de quelques oxydes mélangés.** — Z. Phys. Chem., 196,438, *1951.*

713. ALLENBACH, C. R. — **Réductions par Ga, Al et Hg en solutions aqueuses.** — Dissert. Abstr., 12,442, *1952.*

714. DELEPINE, M. — **A propos de la solubilité de l'oxyde de gallium dans l'ammoniaque.** — Bull. Soc. Belg., 62,91, *1953.*

715. DUTT, N. K., BOSE, P. — **Complexes malonato et oxalato de métaux trivalents.** — J. Ind. Chem. Soc., 30,431, *1953.*

716. SCHUBERT, K. — **Chimie des cristaux du sous-groupe B.** — Z. Metallkunde, 44,102, *1953.*

717. FOLBERTH, O. G., OSWALD, F. — **Propriétés semi-conductrices du phosphure de gallium.** — Z. Nat. Forsch., 9a,1050, *1954.*

718. WOLFF, G., KECK, P. H., BRODER, J. D. — **Préparation et propriétés de phosphures, arséniures et antimoniures de Ga, In et Al.** — Phys. Rev., 94,753, *1954.*

719. ASTAKHOV, K. V., ELITSUR, A. G., NIKOLAEV, K. M. — **Etudes des hydrates par la « méthode des hydrures ».** — Zhur. Obshchei Khim., 21, 1753-63, *1951.*

720. FORLAND, K. S. — **Photooxydation de la surface du rutile.** — Proc. Intern. Symposium on Reactivity of Solids, Gothenburg, 291-6, *1952.*

721. MARSHALL, P. A., ENRIGHT, D. P., WEYL, W. A. — **Le mécanisme du frittage et de la recristallisation des oxydes.** — Proc. Intern. Symposium on Reactivity of Solids, Gothenburg, 273-84, *1952.*

722. HOOGENSTRAATEN, W. — **La chimie des activateurs du sulfure de zinc phosphorescent.** — J. Electrochem. Soc., 100, 356-65, *1953.*

723. RUGGIERO, A., FERRO, R. — **Orthogallates d'éléments des terres rares.** — Atti. Ac. Naz. Lincei Rend., Sc. fis..., 17, 48-50, *1954.*
724. TROMBE, F., FOËX, M. — **Purification de quelques substances réfractaires par traitement au four solaire.** — Compt. Rend., 238, 1419, *1954.*
724 a. GASTINGER, E. — **Préparation de sous-sulfures.** — Z. Naturforsch., 10 b, 115-6, *1955.*
724 b. HAHN, H., FRANK, G. — **Structure cristalline de Ga_2S_3.** — Z. anorg. allg. Chem., 278, 333-9, *1955.*
724 c. HAHN, H., FRANK, G. — **Structure cristalline de GaS.** — Z. anorg. allg. Chem., 278, 340-8, *1955.*
724 d. TURCO, A., SALSILLI, L. — **Sur la déshydratation du sulfate de Ga hydraté.** — Gazz. Chim. Ital., 85, 192-8, *1955.*

Voyez aussi : 455 - 534.

II. *Hydrures*

725. TOMKINSON, E. — **Gallium.** — Chem. News, 122,238, *1921.*
726. PIETSCH, E. — **Formation d'hydrures métalliques par l'hydrogène naissant.** — Z. Elektrochem., 39,577, *1933.*
727. WIBERG, E., JOHANNSEN, T. — **Un hydrure volatil de gallium, Ga_2H_6, et son dérivé tétraméthylé.** — Naturwiss., 29,320, *1941.*
728. WIBERG, E., JOHANNSEN, T. — **Sur un hydrure volatil de Ga, de formule Ga_2H_6.** — Chemie, 55,38, *1942.*
729. SCHLESINGER, H. I., BROWN, H. C., SCHAEFFER, G. W. — **Borohydrures de gallium.** — J. Am. Chem. Soc., 65,1786, *1943.*
730. WIBERG, E. — **Les composés hydrogénés des éléments du 3e groupe de la classification périodique.** — Ber. D. Ch. Ges., 77A,75, *1944.*
731. LONGUET-HIGGINS, H. C. — **La structure de molécules « déficientes en électrons ».** — J. Chem. Soc., 139, *1946.*
732. FINHOLT, A., BOND, A., SCHLESINGER, H. I. — **Hydrures de Li-Al, de Al, de Li-Ga et leurs applications en chimie organique ou minérale.** — J. Am. Chem. Soc., 69,1199, *1947.*
733. WIBERG, E., SCHMIDT, M. — **Etude de l'hydrure de Li et Ga de formule $LiGaH_4$.** — Z. Naturforsch., 6,171, *1951.*
734. WIBERG, E., SCHMIDT, M. — **L'hydrure de gallium $(GaH_4)_3Tl$.** — Z. Naturforsch., 6,335, *1951.*
735. WIBERG, E., SCHMIDT, M. — **Sur un haut polymère de l'hydrure de gallium $(GaH_3)_X$.** — Z. Nat. Forsch., 7,577, *1952.*
736. WIBERG, E., HENLE, W. — **Pour la connaissance d'un hydrure d'argent et de gallium $AgGaH_4$.** — Z. Nat. Forsch., 7,576, *1952.*
737. WARTIK, T., SCHLESINGER, H. I. — **Réactions de $LiAlH_4$ avec des éléments représentatifs des groupes principaux du système périodique.** — J. Am. Chem. Soc., 75,835, *1953.*
738. MARGRAVE, J. L. — **Energie de liaison d'hydrures diatomiques gazeux et d'halogénures de métaux des deuxième et troisième groupes.** — J. Phys. Chem., 58, 258-60, *1954.*

III. *Composés halogénés*

745. RICHARDS, T. W., CRAIG, W. M., SAMESHIMA, J. — **La purification du chlorure de gallium par sublimation, et son analyse.** — Proc. Nat. Acad. Sc. Washington, 4,387, *1918.*
746. RICHARDS, T. W., CRAIG, W. M., SAMESHIMA, J. — **La purification du chlorure de gallium par sublimation, et son analyse.** — J. Amer. Chem. Soc., 41,131, *1919.*
747. JOHNSON, W. C., PARSONS, J. B. — **La préparation de tribromure et de triiodure de gallium.** — J. Phys. Chem., 34,1210, *1930.*
748. JOHNSON, W. C., PARSONS, J. B. — **Combinaisons hydrogénées du gallium. I. Combinaisons ammoniacales du tribromure et du triiodure de gallium. II. Trifluorure de gallium hydraté et sa réaction avec l'ammoniac.** — J. Phys. Chem., 36,1588, *1932.*
749. KLEMM, W., TILK, W. — **Propriétés des trihalogénures de gallium.** — Z. Anorg. Allg. Chemie, 207,161, *1932.*
750. KLEMM, W., TILK, W. — **Le comportement magnétique des halogénures de gallium et d'indium.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 207,175, *1932.*
751. KLEMM, W., TILK, W., JACOBI, H. — **Les combinaisons ammoniacales des halogénures de gallium.** — Z. Anorg. Allg. Chemie, 207,187, *1932.*
752. HENKEL, P. — **Sur le fluorure de gallium.** — Angew. Chem., 47,726, *1934.*
753. ULICH, H., HEYNE, G. — **Recherches sur la cinétique des réactions de synthèse des cétones par la réaction de Friedel et Crafts.** — Z. Elektrochem., 41,509, *1935.*
754. FISCHER, W., JUBERMANN, O. — **Sur les propriétés thermiques des composés halogénés. Tension et densité de vapeur des composés halogénés du Ga III.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 227,227, *1936.*
755. HANNEBOHN, O., KLEMM, W. — **Mesures sur les combinaisons Ga, Tl, In. Fluorures.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 229,337, *1936.*
756. PETROWA, A. — **Sur la photodissociation des halogénures du Ga.** — Acta physicochim. URSS, 4,559, *1936.*
757. PUGH, W. — **Complexes fluorés du Ga et des métaux alcalins.** — J. Chem. Soc. London, 1046 et 1959, *1937.*
758. GRAHAME, D. C., SEABORG, G. T. — **La répartition de très petites quantités de substances entre phases liquides. I. La répartition de Cl_3Ga entre éther et ClH.** — J. Amer. Chem. Soc., 60,2524, *1938.*
759. FOSTER, L. S. — **I. La réaction du Ga avec l'ac. perchlorique. II. Préparation et propriétés des perchlorates hydratés de Ga.** — J. Amer. Chem. Soc., 61,3122, *1939.*
760. JOHNSON, W. C., HASKEW, C. A. — **Trichlorure de gallium.** — Inorg. Synth., New-York, Mc. Graw-Hill Book Co., 10, p. 26,27, *1939.*
761. KLEMM, W., KILIAN, H. — **Fluorures de Ga et In ammoniacaux.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 241,93, *1939.*
762. LAUBENGAYER, A. W., SCHIRMER, F. B. — **Les chlorures de gallium.** J. Amer. Chem. Soc., 62,1578, *1940.*
763. FISCHER, W., JUBERMANN, O. — **Remarques sur des mesures de pression et de densité de vapeur de Cl_3Ga.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 245,254, *1940.*
764. BRODE, H. — **Détermination des espacements atomiques et structures de molécules des halogénures de In et Ga au moyen d'inflexions électroniques.** — Ann. Physik, 37,344, *1940.*

765. ULICH, H., HEYNE, G. — **Mesures de moments dipolaires du chlorure de gallium et de ses combinaisons moléculaires. Recherches sur des halogénures organiques et leurs combinaisons.** — Z. Physik. Chem., B49,284, *1941.*
766. STEVENSON, D. P., SHOMAKER, V. — **Structure des trihalogénures de Ga et In.** — J. Am. Chem. Soc., 64,2514, *1942.*
767. KLEMM, W. — **Note sur la dépendance de la concentration en ClH des chaleurs de dissolution de quelques trichlorures.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 249,23, *1942.*
768. ULICH, H. — **Chlorure de gallium comme catalyseur.** — Chem., 55,37, *1942.*
769. EINECKE, E. — **Combinaisons salines du gallium.** — Chemie, 55,40, *1942.*
770. LLOYD, D. J., PUGH, W. — **Hydrates de perchlorates de Ga et complexe perchlorate-urée.** — J. Chem. Soc., 76, *1943.*
771. ULICH, H., KENTMANN, A., GEIERHAAS, A. — **Synthèse de composés hydrocarbonés par la méthode de Friedel et Crafts.** — Z. electrochem., 49,292, *1943.*
772. ULICH, H. — **La synthèse de cétones et de composés hydrocarbonés par la réaction de Friedel et Crafts avec Cl_3Al et Cl_3Ga.** — Oel. u. Kohle in Gemeinsch. mit. Brennstoffchem., 39,523, *1943.*
773. FOSTER, L. S. — **Hexahydrate de perchlorate de Ga trivalent.** — Inorg. Synth., N. Y., II, 26, *1946.*
774. PARTINGTON, J. R., WHYNES, A. L. — **L'action du chlorure de nitrosyle sur quelques métaux et leurs composés.** — J. Chem. Soc., 1952, *1948.*
775. FRIEDMANN, H. L., TAUBE, H. — **Chlorogallates et composés analogues.** — J. Am. Chem. Soc., 72,2236, *1950.*
776. VAN DYKE, R. E. — **La conductance de Cl_3Ga et Br_3Ga dans le nitrobenzène avec addition d'agents complexants, à 25°.** — J. Am. Chem. Soc., 72,2823, *1950.*
777. VAN DYKE, R. E., CRAWFORD, H. E. — **Quelques composés de coordination des halogénures de Al et Ga.** — J. Am. Chem. Soc., 72,2829, *1950.*
778. CLUSIUS, K., HITZIG, F. — **Préparation de Cl_3Ga et Br_3Ga à partir du Ga et d'halogénures métalliques.** — Helv. Chim. Acta, 35,506, *1950.*
779. MOELLER, T., KING, G. L. — **Agrégation d'ions dans les solutions de Cl_3Ga contenant un alcali ajouté.** — J. Amer. Chem. Soc., 74,1355, *1952.*
780. KLAGES, F., MONKMEYER, K., HEINLE, R. — **Complexes isonitriles. Catalyse Friedel-Crafts.** — Chem. Ber., 85,109, *1952.*
781. WONG, R. — **La réaction du chlorure de gallium sur les chlorures d'alkyle.** — Univ. Microfilms N° 9389 ; Dissert. Abstr., 14,1566, *1954.*
782. PATTERSON, C. S., TYREE, S. Y., KNOX, K. — **Coefficient d'activité du perchlorate de gallium dans l'eau à 25°.** — J. Am. Chem. Soc., 77,2195, *1955.*
783. HERBER, R. H., IRVINE, J. H. — **Etude sur les échanges d'anions - Bromures complexes de Co(II), Cu(II), Zn(II) et Ga(III).** — J. Am. Chem. Soc., 76, 987-91, *1954.*
784. CORBETT, J. D., von WINBUSH, S. — **Solubilité de quelques métaux dans leurs halogénures fondus.** — J. Am. Chem. Soc., 77, 3964-6, *1955.*
785. CORBETT, J. D., Mc. MULLAN, R. K. — **Les états peu oxydés du gallium - I. Le système GaI_3 - GaI_2 - GaI.** — J. Am. Chem. Soc., 77, 4217-9, *1955.*

Voyez aussi : 883 - 887 - 888.

IV. *Nitrures*

790. JOHNSON, W. C., PARSONS, J. B., CREW, M. C. — **Combinaisons hydrogénées du gallium. III. Nitrure de gallium.** — J. Phys. Chem., 36,2651, *1932.*
791. TIEDE, E., KNOBLAUCH, H. G. — **Réactions chimiques avec l'azote atomique.** — Ber. D. Chem. Ges., 68,1149, *1935.*
792. TIEDE, E., KNOBLAUCH, H. G. — **Réactions chimiques avec l'azote naissant.** — Z. Elektrochem., 41,526, *1935.*
793. HAHN, H., JUZA, R. — **Recherches sur les nitrures de Cd, Ga, In et Ge. Amides et nitrures métalliques.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 244,111, *1940.*
794. JUZA, R. — **Les nitrures de métaux de la première longue période.** — Chemie, 58,25, *1945.*
795. JUZA, R., HUND, F. — **Les amidures et nitrures métalliques. Nitrures ternaires Li_3AlN_2 et Li_3GaN_2.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 257,13, *1948.*
796. WIBERG, E., MICHAUD, H. — **Pour la connaissance d'un nitrure de gallium $Ga(N_3)_3$.** — Z. Nat. Forsch., 9b, 502, *1954.*

V. *Composés organométalliques*

800. MORGAN, G. T., DREW, H. D. — **Recherches sur l'affinité restante et la coordination. V. Gallium-acétylacétone et ses analogues.** — J. Chem. Soc. London, 119,1058, *1921.*
801. DENNIS, L. M., PATNODE, W. — **Triéthylgallium et dérivés.** — J. Amer. Chem. Soc., 54,182, *1932.*
802. RENWANZ, G. — **Combinaisons organométalliques du gallium. Ethérate de triméthylgallium.** — Ber. D. Chem. Ges., 65,1308, *1932.*
803. KRAUS, C. A., TOONDER, F. E. — **L'action du sodium sur les chlorures de tri et de diméthylgallium dans l'ammoniac liquide.** — J. Amer. Chem. Soc., 55,3547, *1933.*
804. KRAUS, C. A., TOONDER, F. E. — **Triméthylgallium et dérivés.** — Proc. Nat. Ac. Sc. USA, 19,292, *1933.*
805. WIBERG, E., JOHANNSEN, T., STECKER, O. — **Triméthylgallium.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 251,114, *1943.*
806. COATES, G. E. — **Triméthylgallium.** — J. Chem. Soc., 2003, *1951.*
807. BROWN, H. C., EDDY, L. P., WONG, R. — **Composés d'addition du trichlorure de gallium avec des méthylhalogénures.** — J. Am. Chem. Soc., 75, 6275-8, *1953.*
808. BROWN, H. C. et al. — **Catalyseurs et complexes dans des réactions d'alkylation Friedel-Crafts.** — Ind. Eng. Chem., 45, 1462-9, *1953.*
809. COATES, G. E., HAYTER, R. G. — **Triméthylgallium - II. Réactions avec des composés hydroxy et similaires.** — J. Chem. Soc., 2519, *1953.*
809 a. HAVILL, M. E. — **La cinétique de la réaction d'addition ClH-oléfines avec $GaCl_3$ comme catalyseur.** — Univ. Microfilms, N° 7522, 143 p. ; Dissertation Abstracts, 14, 452, *1954.*
809 b. BEVILLARD, P. — **Complexes organométalliques du gallium et de l'indium.** — Bull. Soc. Chim., 1509, *1955.*

Spectre

Etude du spectre - Analyse spectrale

810. HARTLEY, W. N., RAMAGE, H. — **Recherches spectroscopiques sur le gallium.** — Proc. Roy. Soc., 68,97, *1901.*
811. HARTLEY, MOSS. — **Etude spectrographique.** — Proc. Roy. Soc., 79A,242, *1907.*
812. URBAIN, G. — **Analyse spectrographique des blendes.** — Compt. Rend., 149,602, *1909.*
813. EDER, J. M., VALENTA, E. — **Mesures de longueur d'onde des spectres d'étincelles dans le spectre visible.** — Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien, (IIa), 119,541, *1910.*
814. EXNER, HASCHEK. — **Les spectres des éléments à la pression normale.** — II,98 (Wien), *1911.*
815. HARTLEY, W. N., MOSS, H. W. — **Sur les dernières lignes, et les quantités des éléments nécessaires pour les faire apparaître dans la flamme du chalumeau oxhydrique ou les étincelles.** — Proc. Roy. Soc., A,87,38, *1912.*
816. HICKS, W. M. — **Etude spectrographique.** — Phil. Trans., 212,A,33, *1912.*
817. PASCHEN, F., MEISSNER, K. — **Pour la connaissance des séries des spectres de l'indium et du gallium.** — Ann. Phys. 4,43,1223, *1914.*
818. UHLER, H. J., TANCH. — **Le spectre d'arc du gallium et de l'indium.** — Astrophys. Journ., 55,291, *1922.*
819. KLEIN, E. — **Le spectre d'étincelle du gallium dans l'air et l'hydrogène.** — Astrophys. Journ., 56,373, *1922.*
820. CATALAN, M. A. — **Les spectres et la classification d'après le système périodique.** — Ann. Soc. Esp. Fis. Quim., 21,321, *1923.*
821. CARROLL. — **Séries spectrales.** — Proc. Roy. Soc., 103A,334, *1923.*
822. GROTRIAN, W. — **Le spectre d'absorption de la vapeur de thallium et d'indium.** — Zeitschr. Physik, 12,218, *1923.*
823. GROTRIAN, W. — **Les spectres d'absorption de quelques vapeurs métalliques.** — Zeitschr. Physik, 18,169, *1923.*
824. CARROLL, J. A. — **Séries spectrales.** — Phys. Rev., 24,205, *1924.*
825. ASTON, F. W. — **Les spectres de masse des éléments.** — Phil. Mag., 47,385, *1924.*
826. KING, A. S. — **Phénomène spectroscopique des arcs de courants très élevés.** — Astrophys. Journ., 62,238, *1925.*
827. CARROLL, J. A. — **Spectres d'étincelles dans le vide de quelques éléments.** — Phil. Trans., A225,357, *1925.*
828. WEINBERG, M. — **Les spectres d'étincelles de l'indium et du gallium dans le domaine de l'ultra-violet.** — Proc. Roy. Soc. London, Ser. A., 107,138, *1925.*
829. CARROLL, J. A. — **Les spectres d'étincelles dans le vide de quelques éléments.** — Phil. Trans. Roy. Soc. London, A255,357, *1926.*
830. FRAYNE, J. G., SMITH, A. W. — **Les spectres d'absorption de la vapeur d'aluminium, gallium, indium et thallium dans l'U. V.** — Phys. Rev., (2), 27,23, *1926.*
831. PORLEZZA, C., DONATI, A. — **Possibilités de recherche spectrographique et de dosage par le spectre d'étincelle pour quelques éléments.** — Annali Chim. Appl., 16,519, *1926.*

832. LANG, R. J. — **Sur le spectre du gallium, du germanium et de l'indium.** — Phys. Rev., 30,762, *1927.*
833. RAO, K. R. — **Sur le spectre du gallium et de l'indium doublement ionisés.** — Proc. Phys. Soc. London, 39,150, *1927.*
834. PAPISH, J., HOLT, D. A. — **Gallium. Recherche et dosage spectroscopique. Extraction de la lepidolithe.** — J. Phys. Chem., 32,142, *1928.*
835. MACK, J. E., LAPORTE, O., LANG, R. J. — **L'utilisation des lois des rayons X pour les spectres optiques d'ordre supérieur.** — Phys. Rev., (2), 31,748, *1928.*
836. SAWYER, R. A., LANG, R. J. — **Premier spectre d'étincelle du gallium.** — Phys. Rev., (2), 33,1097, *1929.*
837. SAWYER, R. A., LANG, R. J. — **Le spectre du gallium.** — Phys. Rev., (2), 34,712, *1929.*
838. LANSING, W. D. — **Nouveaux termes dans les spectres de IAl, IGa et IIn.** — Phys. Rev., (2), 34,597, *1929.*
839. MANNKOPF, R., PETERS, C. — **Sur l'analyse spectrale quantitative à l'aide de la couche lumineuse négative de l'arc lumineux.** — Z. f. Physik, 70,444, *1931.*
840. MANNKOPF, R. — **Procédés de stimulation des mouvements d'ions dans les arcs lumineux.** — Z. f. Physik, 76,396, *1932.*
841. DEUTSCHBEIN, O. — **Sur le spectre du chrome en cristaux.** — Physik. Z., 33 874, *1932.*
842. PAYNE-SCOTT, R. — **Rapports d'intensité des raies spectrales de l'indium et du gallium.** — Nature, 131,365, *1933.*
843. GERLACH, W., RIEDL, E. — **Recherches spectrales analytiques sur des métaux techniques ou purs.** — Sitz. Ber. Akad. Wiss. München, 227, *1933.*
844. MIESCHER, E., WEHRLI, M. — **Spectres des chlorures d'indium.** — Helv. phys. Acta, 6,256, *1933.*
845. PETRIKALN, A., HOCHBERG, J. — **Les spectres moléculaires de quelques halogénures d'indium et de gallium.** — Z. f. Physik, 86,214, *1933.*
846. MIESCHER, E., WEHRLI, M. — **Remarques au sujet du travail de Petrikaln et Hochberg : les spectres moléculaires des halogénures de gallium et d'indium.** — Z. Physik, 87,310, *1934.*
847. GUERNSEY, M. L. — **Le spectre de l'oxyde de gallium.** — Phys. Rev., (2), 46,114, *1934.*
848. MIESCHER, E., WEHRLI, M. — **Recherches spectroscopiques sur des halogénures de gallium gazeux.** — Helv. phys. Acta, 7,331, *1934.*
849. WEHRLI, M. — **Sur la répartition des intensités dans les bandes des spectres de molécules biatomiques.** — Helv. phys. Acta, 7,676, *1934.*
850. BRECKPOT, R. — **Sur l'analyse spectrale quantitative de métaux purs.** — Naturwetensch., 16,139, *1934.*
851. SMITH, D. M. — **Analyse spectrographique de l'aluminium.** — J. Inst. Metals, 56,257, *1935.*
852. HAMMERSCHMID, H., LINDSTROM, C. F., SCHEIBE, G. — **Les spectres d'étincelle et d'arc du fer pur comme milieu d'aide pour l'analyse spectrale.** — Mitt. Forsch. Anst. Konz. Gutehoffnungshütte, 3,223, *1935.*
853. WEHRLI, M. — **Le comportement anormal de l'intensité dans le spectre des bandes du monoiodure de In et Ga.** — Helv. phys. Acta, 9,587, *1936.*
854. PINA DE RUBIES, S., LOPEZ DE AZCONA, J. M. — **Analyse spectrale de la blende avec enrichissement électrothermique.** — An. Soc. Espan. Fisica Quim., 34,307, *1936.*

855. SEN, M. K. — **Spectre des bandes de Ga et isotopes.** — Indian J. Physico Proc. Indian Ass. Cultivat. Sc., 10,429, *1936.*
856. HULUBEI, H. — **Contribution à la recherche sur les spectres d'émission de Ga et Ge.** — Compt. Rend., 205,440, *1937.*
857. BURNS, K. — **Spectroscopie dans l'industrie des métaux.** — Instruments, 10,129, *1937.*
858. RUSSANOW, A. K., KUMINA, S. I., WASSILIEW, K. N. — **Méthodes pour l'analyse spectrale quantit. de solutions. II. Dosage du gallium.** — Zawodskaja Laboratorija, 6,1420, *1937.*
859. BOROVICK, S. A., KALININ, S. K. — **Analyse spectroscopique des résidus de fabrication de Pb et Zn.** — C. R. Ac. Sci. URSS, 19,257, *1938.*
860. ABRAMOW, F. I., RUSSANOW, A. K. — **Recherches spectroscopiques sur les blendes, sur Ge, In, Cd et Ga.** — Sowjetskaja Geologija, 8,5,65, *1938.*
861. DAS GUPTA, J. — **Gallium dans les bauxites indiennes.** — Sci. et Cult., 4,599, *1939.*
862. WEHRLI, M., WENK, W. — **Spectres d'absorption de Cl_2In ... Cl_2Ga dans la zône Schuman.** — Helv. Phys. Acta, 12,559, *1939.*
863. HULUBEI, H., CAUCHOIS, V. — **Les spectres d'absorption K de Ga, Ge, As et Se. L'influence de l'état chimique.** — Compt. Rend., 211,316, *1940.*
864. RIWKINA, M. A. — **Sur des travaux du laboratoire spectral de l'Institut d'Etat pour les métaux rares.** — Bull. Ac. Sc. URSS, 4,198, *1940.*
865. RUSSANOW, A. K., ALEXEJEWA, W. M. — **Méthode pour l'analyse spectrale quantitative de minéraux et solutions. Détection directe de Tl, In et Ga dans les blendes.** — Zawodskaja Laboratorija, 9,66, *1940.*
866. BERTRAND, D. — **Le microdosage du gallium.** — Bull. Soc. Chim., 8,581, *1941.*
867. WENK, W. — **Spectres d'absorption et de fluorescence d'halogénures d'In et Ga triatomiques.** — Helv. Phys. Acta, 14,355, *1941.*
868. BOROVICK, S. A. — **Nouvelles méthodes d'analyse spectrale pour minéraux bruts.** — C. R. Ac. Sc. URSS, 41,284, *1944.*
869. STROCK, L. W. — **Dosage spectrographique d'éléments mineurs dans des minéraux sulfurés de Zn.** — Am. Inst. Mining Met. Engrs., Tech. Pub., N° 1866, *1945.*
870. SCOTT, R. O. — **L'influence de traces d'éléments sur les raies dans l'arc « cathode-layer ».** — J. Soc. Chem. Ind., 64,189, *1945.*
871. MITCHELL, R. L. — **Applications de l'analyse spectrographique aux recherches sur les sols.** — Analyst, 71,361, *1946.*
872. SMITH, R. W., HOAGLIN, J. E. — **Analyse spectrographique quantitative de produits céramiques.** — J. Am. Ceram. Soc., 29,222, *1946.*
873. MUKHERJEE, B., SARKAR, P. B. — **Dosage spectrographique du gallium dans la bauxite par l'arc.** — Sci. et Cult., 12,598, *1947.*
874. EFENDIEV, F. M. — **Méthode combinée d'analyse spectrale et chimique pour les microéléments.** — Bull. Ac. Sc. URSS, 11,313, *1947.*
875. FURMAN, N. H. — **Travaux d'analyse dans le plan Manhattan.** — Chem. Eng. News, 26,2490, *1948.*
876. MUKHERJEE, B. — **Dosage spectrographique du gallium dans les bauxites indiennes.** — Proc. Nat. Inst. Sc. India, 14,169, *1948.*

877. RICCOBONI, L., FOFFANI, A., PERLOTTO, T. — **Dosage spectrographique dans l'aluminium. Emploi de la double étincelle synchronisée.** — Gazz. Chim. Ital., 79,344, *1949.*
878. GATTERER, A., etc. — **Atlas de spectres.** — Laborat. d'Astrophys. du Vatican, *1950.*
879. GARTON, W. R. — **Spectre d'arc du gallium ; lignes d'absorption dans la zône Schumann.** — Nature, 166,317, *1950.*
880. BASSETT, L. G., TOMKINS, F. S. — **Aluminium, gallium, indium et thallium.** — Nat. Nuclear Energy Ser., 8,1, *1950.*
881. FARHAN, F. — **Dosage spectrographique du gallium dans l'aluminium.** — Mikrochem., 35,565, *1950.*
882. SALTMAN, W. M., NACHTRIEB, N. H. — **Dosage spectrographique des impuretés dans les solutions de Cl_3Ga.** — Anal. Chem. USA, 23,1503, *1951.*
883. LEVIN, F. K., WINANS, J. G. — **Le spectre d'absorption de ClGa.** — Phys. Rev., 84,431, *1951.*
884. GARTON, W. R. — **Extension des séries de lignes dans le spectre d'arc de l'indium. Absorption dans l'U. V. pour InH et GaH.** — Proc. Phys. Soc. London, 64A,591, *1951.*
885. WILSKA, S. — **Sensibilité de l'analyse spectrale directe de solutions.** — Acta Chem. Stand., 5,890, *1951.*
886. MEGGERS, W. F., MURPHY, R. J. — **Spectre d'arc du gallium, de l'indium et du thallium.** — J. Res. Nat. Bur. Stand., 48,334, *1952.*
887. GERDING, H., HARING, H. G., RENES, P. A. — **Spectre Raman du trichlorure de gallium liquide ou solide.** — Rec. trav. chim., 72,78, *1953.*
888. BARROW, R. F., JACQUEST, J. A., THOMPSON, E. W. — **Spectre d'émission U. V. des monofluorures gazeux de gallium et d'indium.** — Proc. phys. Soc. Lond., 67A,528, *1954.*
889. MORRIS, D. F., BREWER, F. M. — **Dosage spectrochimique du gallium dans les blendes.** — Spectrochim. Acta, 7, 88-90, *1955.*

Voyez aussi le chapitre « Physique de l'atome » (265 et suiv.), ainsi que : 391.

Analyse chimique

I. Généralités - Réactions spécifiques - Séparations - Dosages par voie chimique

895. POZZI-ESCOT, M. E. — **Nouvelle méthode pour l'analyse qualitative et la séparation quantitative des bases métalliques.** — Bull. Soc. Chim. Belg., 22,327, *1908.*
896. BOULANGER, C., BARDET, J. — **Sur la présence du gallium dans les aluminiums du commerce, et sa séparation.** — Compt. Rend., 157,718, *1913.*
897. BROWNING, P. E., PORTER, L. E. — **Sur la détection et la séparation quantitative du gallium.** — Am. Journ. Sc. Silliman, (4), 44 221, *1917.*
898. PORTER, L. E., BROWNING, P. E. — **Sur la méthode au sulfite pour la séparation et le dosage du gallium en présence du zinc.** — J. Am. Chem. Soc., 41,1491, *1919.*
899. BROWNING, P. E., PORTER, L. E. — **L'utilisation du ferrocyanure de gallium en analyse.** — J. Amer. Chem., Soc., 43,111, *1921.*
900. BROWNING, P. E., PORTER, L. E. — **La séparation du gallium de l'indium et du zinc par la cristallisation fractionnée des aluns de césium-gallium.** — J. Amer. Chem. Soc., 43,126, *1921.*
901. SWIFT, E. H. — **Une nouvelle méthode pour séparer le gallium des autres éléments.** — J. Amer. Chem. Soc., 46,2375, *1924.*
902. FRICKE, R. — **Pour la séparation du gallium de l'aluminium et du fer.** — Z. Anorg. Chem., 144.267, *1925.*
903. COREY, R. B., ROGERS, H. W. — **La réaction de l'« aluminon » avec les hydroxydes de scandium, gallium, indium, thallium et germanium.** — Journ. Am. Chem. Soc., 49,216, *1927.*
904. PAPISH, J., HOOG, L. E. — **Gallium. Séparation quantitative du fer et du gallium au moyen de l'αnitroso βnaphtol.** — J. Amer. Chem. Soc., 50.2118, *1928.*
905. PUTNAM, P. C., ROBERTS, E. J., SELCHOW, D. A. — **Contribution à l'analyse minérale.** — Am. Journ. Sc. Silliman, (5), 15,423, *1928.*
906. MOSER, L., BRUKL, A. — **L'analyse quantitative du gallium.** — Monatsh. f. Chem., 50,181, *1928.*
907. MOSER, L., BRUKL, A. — **L'analyse quantitative du gallium.** — Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien, (IIb), 137,657, *1928.*
908. MOSER, L., BRUKL, A. — **L'analyse quantitative du gallium** (suite). — Monatsh. f. Chem., 51,325, *1929.*
909. BRUKL, A. — **L'analyse quantitative du gallium** (suite). — Monatsh. f. Chem., 52.253, *1929.*
910. BRUKL, A. — **L'analyse quantitative du gallium** (suite). — Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien, IIb, 238,73, *1929.*
911. ATO, S. — **La séparation et le dosage du gallium (I).** — Scient. Papers. Inst. Phys. Chem. Res., 12,225, *1930.*
912. ATO, S. — **La séparation et le dosage du gallium (II).** — Scient. Papers. Inst. Phys. Chem. Res., 14,35, *1930.*
913. BRUKL, A. — **Remarques sur le dosage du gallium.** — Z. Analyt. Chem., 86,92, *1931.*
914. FALCIOLA, P. — **Produits organiques et réactions spécifiques en chimie analytique.** — Industria Chim., 6,II,1111,1356, *1931.*

915. ATO, S. — **Sur la séparation et le dosage du gallium. La séparation du gallium des éléments bivalents et des terres rares et leur dosage.** — Scient. Papers. Inst. Phys. Chem. Res., 15,289, *1931.*
916. GEILMANN, W., WRIGGE, F. W. — **Le dosage du gallium et de l'indium avec la 8 hydroxyquinoléine.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 209,129, *1932.*
917. SCHWARZ v. BERGKAMPF, E. — **Contribution à l'étude de l'analyse du gallium.** — Z. analyt. Chem., 90,333, *1932.*
918. GEILMANN, W., WRIGGE, F. W. — **Supplément à l'étude « Le dosage du gallium et de l'indium par la 8 oxyquinoléine ».** — Z. Anorg. Allg. Chem., 212,32, *1933.*
919. EINECKE, E. — **Chimie analytique du gallium.** — Z. analyt. Chem., 93,109, *1933.*
920. GOLDSCHMIDT, V. M., HAUPTMANN, H., PETERS, C. — **Sur les éléments « rares » dans l'analyse des minéraux.** — Naturwiss., 21,362, *1933.*
921. ROSSI, L. — **Chimie analytique générale : gallium.** — Rev. Centr. Farmac. Bioquim., 23,224, *1933.*
922. YAGODA, H. — **Sels de césium comme réactifs de produits minéraux.** — Chem. Anal., 23,1,4, *1934.*
923. PIETSCH, E., ROMAN, W. — **Caractérisation de très faibles quantités de In, Ga et Tl.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 220,219, *1934.*
924. ATO, S. — **Sur la préparation et le dosage du gallium. La séparation du gallium de In, Tl et Fe et leur dosage.** — Sc. pap. Inst. Phys. Chem. Res., 24,270, *1934.*
925. SCHERRER, J. A. — **Le dosage du gallium dans l'aluminium.** — J. Franklin Inst., 220,791, *1935* ; J. Res. Nat. Bur. Stand., 15,585, *1935.*
926. ROSE, H., BOSE, R. — **Procédé d'enrichissement pour la recherche de très faibles quantités de composants dans des minéraux.** — Naturwiss., 23,354, *1935.*
927. POLUETKOFF, N. S. — **Pour le dosage de Ga à l'aide de réactions colorées.** — Mikrochemie, 19,248, *1936.*
928. BECK, G. — **Dosage microchimique du Ga avec le morin.** — Mikrochemie, 20,194, *1936.*
929. BENEDETTI-PICHLER, A. A., SPIKES, W. F. — **Etudes sur les séparations qualitatives en microanalyse. II. Séparation dans le groupe du sulfure d'ammonium.** — Mikrochemie Festschr. Hans Molisch, 3,35, *1936.*
930. ALIMARIN, I. P., IVANOW-EMIN, B. N. — **Les méthodes d'enrichissement chimique de Ga, In, Tl, Ge et Re pour leur dosage dans les minerais oxydés ou sulfurés.** — Chimitscheski Shurnal prikladenoi Chimii, 9,1124, *1936.*
931. ATO, S. — **Sur la séparation et le dosage du Ga. V. Séparation d'avec Be, Ti, Zr, Th.** — Sci. Pap. Inst. Phys. Chem. Res. Tokyo, 29,71, *1936.*
932. WILLARD, H. H., FOGG, H. C. — **Précipitation du sulfate basique de Ga avec l'urée. I. Recherche sur le précipité.** — J. amer. Chem. Soc., 59,1197, *1937.*
933. WILLARD, H. H., FOGG, H. C. — **Précipitation du sulfate basique de Ga avec l'urée. II. Séparation et dosage du Ga.** — J. amer. Chem. Soc., 59,2422, *1937.*
934. BENEDETTI-PICHLER, A. A., SPIKES, W. F. — **Essai d'identification de Be et Ga.** — Microchem., 21,268, *1937.*
935. WADA, I., ISHII, R. — **Séparation et dosage des éléments du groupe de Ag et Tl.** — Sc. pap. Inst. Phys. Chem. Res., 34,787, *1938.*

936. OKA, Y. — **Recherches sur quelques réactions fondamentales en chimie analytique.** — Bull. Tokyo Univ. Eng., 8,21, *1939.*
937. MARTINI, A. — **Sur la microanalyse qualitative.** — Publ. Inst. Microquim. Univ. Rosario (Argentine), 4,97, *1940.*
938. WLODAWETZ, N. I. — **Chimie analytique du gallium.** — Trudy Inst. Geol. Nauk. Min.-Geokhim., 17,1, *1940.*
939. KUSNETZOV, V. I. — **Réactions colorées pour Pb, Ga et d'autres éléments.** — C. R. Ac. Sc. URSS, 33,45, *1941.*
940. WENGER, P., DUCKERT, R. — **Recherches critiques sur les réactifs qualitatifs des cations. Réactifs des cations du gallium.** — Helv. Chim. Acta, 25,699, *1942.*
941. ATO, S. — **Séparation et dosage du gallium. VI. Séparation de Ga, Cr, V et U et dosage du gallium séparé.** — Sci. pap. Inst. Phys. Chem., 40,228, *1943.*
942. GASTINGER, E. — **Contribution à la chimie analytique du gallium.** — Z. anal. Chem., 126,373, *1944.*
943. IVANOV-EMIN, B. N., OSTROUMOV, E. A. — **Séparation de l'hydroxyde de Ga par la pyridine.** — Zavodskaja Lab., 12,674, *1946.*
944. CHARLOT, G. — **Sur quelques réactifs des ions du groupe de l'aluminium.** — An. Chim. Acta, 1,218, *1947.*
945. LACROIX, S. — **Propriétés des oxinates d'Al, Ga et In. Séparation du Ga par extraction par le chloroforme.** — Anal. Chim. Acta, 1,260, *1947.*
946. HOPKIN, WILLIAMS. — **Réactifs organiques en analyse minérale.** — Paris, Dunod, *1947.*
947. KITAHARA, S. — **Extraction à l'éther d'iodures et d'iodates de différents éléments.** — Repts. Sc. Res. Inst. (Jap.), 24,454, *1948.*
948. CHARLOT, G., BEZIER, D. — **Méthodes modernes d'analyse quantitative minérale.** — Masson, Paris, *1949.*
949. NACHTRIEB, N. H., FRYXELL, R. E. — **L'extraction du chlorure de gallium par l'éther isopropylique.** — J. am. Chem. Soc., 71,4035, *1949.*
950. KITAHARA, S. — **Extraction à l'éther de fluorures et de solutions fluorhydriques de divers éléments.** — Repts. Res. Sc. Inst., 25,167, *1949.*
951. BISHOP, E. — **Influence des anions sur la réaction du morin pour Al, Ga, Be, Zn, et identification de certains anions.** — Anal. Chim. Acta, 4,6, *1950.*
952. PILIPENKO, A. T. — **Utilisation de la diphényldithiocarbazone en analyse. Constantes de dissociation de dithizonates de Tl, In et Ga.** — Zhur. Anal. Khim., 5,14, *1950.*
953. BOCK, R. — **Séparation de mélanges minéraux par répartition entre deux solvants. Répartition de thiocyanates métalliques entre solutions aqueuse et éther.** — Z. anal. Chem., 133,110, *1951.*
954. THEOBALD, L. S., STERN, J. P. — **Préparation de solutions-type d'aluminium, de zinc et de certains autres métaux.** — Analyst, 77,99, *1952.*
955. BELCHER, R., NUTTEN, A. J., STEPHEN, W. I. — **Benzidines substituées et composés analogues comme réactifs en chimie analytique. Titrations de faibles quantités de gallium.** — J. Chem. Soc., 2438, *1952.*
956. WRIGGE, F. W., GINSBERG, H. — **Pour la connaissance des procédés « Ausrühren » pour l'hydrate d'alumine industriel.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 269,179, *1952.*
957. IRVING, H. M., ROSSOTTI, F. J. — **Solvants pour l'extraction de composés halogénés du groupe III B.** — Analyst, 77,801, *1952.*

958. MILNER, G. W., WOOD, A. J. — **Analyse des alliages U-Ga.** — Atom. En. Res. Et. Rep., G. B., 1041, *1953.*
959. ROESNER, STEUER. — **Analyse des métaux, vol. 2, 1re partie, pages 326 et suiv. et pages 71 et suiv.** — Chem. Fachauschuss d. Ges. Deutscher Metallhütten u. Bergleute, Springer-Verlag, *1953.*
960. BOCK, R., KUSCHE, H., BOCK, E. — **Séparation de mélanges minéraux par répartition entre phases liquides.** — Z. anal. Chem., 138,169, *1953.*
961. GASTINGER, E. — **Dosage de Ga en présence de Al et Zn au moyen de cupferron.** — Z. anal. Chem., 140,244, *1953.*
962. GASTINGER, E. — **Sur une méthode de dosage du gallium dans les alliages industriels d'aluminium.** — Z. anal. Chem., 140,252, *1953.*
963. WOLD, A., BAIRD, J. H., HOUGH, C. R. — **Identification du gallium.** — Anal. Chim. Acta, 3,546, *1954.*
964. MILNER, G. W., WOOD, A. J., WOODHEAD, J. L. — **Séparation et dosage du gallium.** — Analyst, 79,272 et 464, *1954.*
965. STEINBACH, J. F., FREISER, H. — **L'acétylacétone, agent d'extraction analytique. Extraction de Al, Ga et In.** — Anal. Chem., 26,375, *1954.*
966. ROLLINS, O. W., DEISCHER, C. K. — **Dosage volumétrique du gallium.** — Anal. Chem., 26,769, *1954.*
967. HOLLINGSHEAD, R. G. — **La sélectivité de l'hydroxy$_8$méthyl$_2$nitroso$_5$ quinoléine sur les métaux du groupe III B.** — Chem. Ind. (G. B.), 1260, *1954.*
968. FLASCHKA, H., ABDINE, H. — **Microdosages avec l'acide éthylène diamine tétracétique. Dosage du gallium.** — Mikrochim. Acta, 655, *1954.*
969. MILNER, G. W. — **Dosage du gallium.** — Analyst, 80,77, *1955.*
970. ONISHI, H. — **Détection du gallium avec la rhodamine B.** — Anal. Chem., 27,832, *1955.*
971. POHL, F. A. — **Détermination spectrochimique de traces d'impuretés dans l'aluminium très pur.** — Z. Anal. Chem., 142, 19-27, *1954.*
972. RINCK, E., FESCHOTTE, P. — **Sur le mécanisme de formation de laques colorées obtenues avec l'acide aurine-tricarboxylique en présence d'ions trivalents. Etude comparée des ions Fe^{3+}, Al^{3+} et Ga^{3+}.** — Compt. Rend., 240, 1618-20, *1955.*
973. IRVING, H. M., ROSSOTTI, F. J., WILLIAMS, R. J. — **Une vue d'ensemble sur le problème de l'extraction par solvants de composés minéraux.** — J. Chem. Soc., 1906-19, *1955.*

Voyez aussi : 758.

II. *Méthodes de mesure physiques ou électriques*

980. KIRSCHMAN, H. D., RAMSEY, J. B. — **L'analyse potentiométrique du gallium.** — J. Amer. Chem. Soc., 50,1632, *1928.*
981. DARWIN. — **Dosage potentiométrique du gallium.** — J. Chem. Soc., 50,1632, *1928.*
982. ATO, S. — **Sur la titration potentiométrique du gallium.** — Scient. Papers Inst. Phys. Chem. Res., 10,1, *1929.*
983. REICHEL, E. — **Le dosage électrique du gallium.** — Z. Anal. Chem., 87,321, *1932.*

984. ZELTZER, S. — **Recherches polarographiques avec l'électrode à goutte de mercure. Recherches sur les solutions de Ga, Ti, V, Nb et Ta.** — Collect. Trav. Chim. Tchecosl., 4,319, *1932.*
985. WILLARD, H. H., FOGG, H. C. — **La séparation du gallium et son dosage avec la chinalizarine.** — J. Amer. Chem. Soc., 59,40, *1937.*
986. BECK, G. — **Caractérisation de In avec le morin, et de quelques métaux lourds avec la cacothéline.** — Microchim. Acta, 2,287, *1937.*
987. HERZFELD, E. — **Sur des mesures d'effet Tyndall et de fluorescence pour le dosage de faibles quantités de substances.** — Z. Analyt. Chem., 115,127, *1938.*
988. VENTURELLO, G., AGLIARDI, N. — **Analyse chromatographique minérale.** — Ann. Chim. Applicata, 30,224, *1940.*
989. SANDELL, E. B. — **Dosage de Ga par la fluorescence obtenue avec la 8 hydroxyquinoléine.** — Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 13,844, *1941.*
990. RADLEY, J. A. — **Nouveaux tests de fluorescence pour Ga et Al.** — Analyst, 68,369, *1943.*
991. SANDELL, E. B. — **Dosage du gallium dans les roches siliceuses.** — Anal. Chem., 19,63, *1947.*
992. LACROIX, S. — **Dosage des traces de gallium dans les bauxites et produits dérivés.** — Anal. Chim. Acta, 2,167, *1948.*
993. FURMAN, N., BRICKER, C., Mc. DUFFIE, B. — **Méthode pour le dosage de certains métaux présents en faibles quantités dans certaines substances.** — J. Wash. Ac. Sc., 38,159, *1948.*
994. ARDEN, T. V., BURSTALL, F. H., DAVIES, G. R. — **Nouvelles méthodes pour la séparation, l'identification et le dosage des composés minéraux.** — Nature, 162,691, *1948.*
995. DUVAL, C. — **Application de la thermobalance de Chevenard à la chimie analytique.** — Chim. Anal., 31,173, *1949.*
996. DUPUIS, T., DUVAL, C. — **La thermogravimétrie des précipités analytiques. Dosage du gallium.** — Anal. Chim. Acta, 3,324, *1949.*
997. DUDLEY, H. C. — **Dosage du gallium en biologie.** — J. Pharm. Exp. Therap., 95,482, *1949.*
998. MOELLER, T., COHEN, A. J. — **Dosage spectrophotométrique du gallium en présence de l'aluminium.** — Anal. Chim. Acta, 4,316, *1950.*
999. MOELLER, T., COHEN, A. J. — **Applications analytiques des dérivés de Ga et Tl de la 8 hydroxyquinoléine.** — Anal. Chem., 22,686, *1950.*
1000. MOELLER, T., COHEN, A. J. — **Relations entre les spectres d'absorption dans l'ultra-violet des chélates de la 8 hydroxyquinoléine des éléments du groupe III b.** — J. Am. Chem. Soc., 72,3546, *1950.*
1001. MOELLER, T., PUNDSACK, F. L., COHEN, A. J. — **Relations entre les spectres d'absorption des 5.7. dihalogéno 8 quinoléinolchélates de Ga.** — Anal. Chem., 23,681, *1951.*
1002. WELTI, D., BARROW, R. F. — **Le spectre d'absorption des monofluorures de gallium et d'indium.** — Proc. Phys. Soc. London, 65A,629, *1952.*
1003. MAJER, V. — **La polarographie en analyse minérale.** — Sbornik I. Mezinarodniho Pol. Sj. Praze Praha, 80,102, *1952.*
1004. WATT, G. N., HALL, J. L., CHOPPIN, G. R. — **Titration potentiométrique des halogénures de Al, Ga, In et Tl par le potassium dans l'ammoniac liquide.** — J. Phys. Chem., 57,567, *1953.*
1005. CARRARA, G. — **Sur le dosage électrolytique du gallium dans l'aluminium de première et deuxième fusions.** — Alluminio, 23,255, *1954.*

1006. BRADACS, L. K., FEIGL, F., HECHT, F. — **Sur un dosage fluorimétrique de petites quantités de gallium.** — Mikrochim. Acta, 2,269, *1954.*

1007. BLASIUS, E., NEGWER, M. — **Séparation de petites quantités de gallium du fer par un échangeur d'anions très basique.** — Z. anal. Chem , 143,257, *1954.*

1008. KLEMENT, R., SANDMANN, H. — **Séparation de Ga, In et Ge d'autres métaux par échange d'ions.** — Z. anal. Chem., 145,325, *1955.*

1009. PATROVSKY, V. — **Utilisation du morin en analyse chimique.** — Chem. Listy, 47, 1338-41, *1953.*

1010. CANNERI, G., COZZI, D. — **Dosage de métaux rares dans la blende par méthodes spectrographique et polarographique.** — Chim. e Industria (Milan), 36, 354-7, *1954.*

1011. MOELLER, T., PUNDSACK, F. L. — **Relation entre les spectres d'absorption des 8-quinoléinolchélates des métaux du groupe III b.** — J. Am. Chem. Soc., 76, 617-18, *1954.*

1012. MOELLER, T., PUNDSACK, F. L., COHEN, A. J. — **Relation entre les spectres d'absorption des 5-7 dihalogéno 8 quinoléinolchélates de Ga(III) et In(III).** — J. Am. Chem. Soc., 76, 2515-18, *1954.*

1013. PATROVSKY, V. — **Dosage du gallium avec l'o. salicylidèneamino. phénol.** — Chem. Listy (Tcheq.), 48, 537-8, *1954.*

1014. ZITTEL, H. E. — **Le dosage polarographique du gallium.** — Univ. Microfilms N° 9214 (63 p.) ; Dissert. Abstr., 14, 1303, *1954.*

1014 a. COLLAT, J. W., ROGERS, L. B. — **Dosage fluorimétrique de l'aluminium et du gallium dans des mélanges de leurs oxinates.** — Anal. Chem., 27, 961-5, *1955.*

1014 b. CIMMERGAKL, V. A., VOVNENKO, A. M. — **Comportement polarographique du gallium.** — Ukrain. Khim. Zh., 20, 564-72, *1954.*

1014 c. PURUSHOTTAM, A., RAGHAVA RAO, B. S. — **Les terres rares - Une étude polarographique.** — Anal. Chim. Acta, Nederl., 12, 589-99, *1955.*

Voyez aussi : 533.

Biologie

1015. SCHWARZ, L., SIEKE, F. — **Sur le gallium.** — Arch. Hygiène, 100,143, *1928.*
1016. LEVADITI, C., BARDET, J., TCHAKIRIAN, A., VAISMAN, A. — **Les propriétés thérapeutiques du gallium dans la syphilis et les trypanosomiases expérimentales.** — Compt. Rend., 192,1142, *1931.*
1017. LEVADITI, C., BARDET, J., TCHAKIRIAN, A., VAISMAN, A. — **La répartition du gallium dans l'organisme.** — Compt. Rend., 193,117, *1931.*
1018. LEVADITI, C., LEPINE, P. — **Etude de 45 éléments du point de vue de leurs propriétés curatives dans les spirilloses, la syphilis et les trypanosomiases.** — Compt. Rend., 193,404, *1931.*
1019. WOLF, L., KACHELE, R. — **Sur le comportement chimique de l'argile dans le sol.** — Verth. 2 Kommiss. Alkali. Abt., A,153, *1933.*
1020. THATCHER, R. W. — **Projet de classification des éléments d'après leurs fonctions dans la nourriture des plantes.** — Science, N. Y., 79,463, *1934.*
1021. STEINBERG, R. A. — **Importance du Ga pour la sporulation de l'Aspergillus Niger.** — J. agric. Res., 57,569, *1938.*
1022. NICCOLINI, P. — **Contribution à l'étude physiopharmacologique du sens de l'odorat.** — Arch. Ital. Sci. farmacol., 9,41, *1940.*
1023. LOHNIS, M. P. — **Traces d'éléments et développement des plantes.** — Wakbl. voor Biologen, Wageningen, 22,3, *1941.*
1024. HUTCHINSON, G. E., VOLLACK, A. — **Accumulateurs biologiques d'aluminium et de gallium.** — Trans. Connecticut Acad. Arts Sci., 35,73, *1943.*
1025. LIEBIG, G. F., VANSELOW, A. P., CHAPMAN, A. D. — **Effets du gallium (et de l'indium) sur la croissance des plantes « citrus » dans des solutions.** — Soil. Sci., 56,173, *1943.*
1026. MEEK, S. F., HARROLD, G. L., CORD, C. P. — **Toxicité du gallium. Recherches.** — Ind. Med. ,12,7, *1943.*
1027. BOROVICK, S. A., BOROVICK-ROMANOVA, T. — **Dosage de microéléments dans différentes parties des fruits et graines.** — Trav. Lav. Biogeochim. Ac. Sc. URSS, 7,111, *1944.*
1028. GWAN ONG, S. — **Action inhibitrice des métaux sur la croissance du Mycobacterium tuberculosis. IV. Gallium, In et Tl.** — Proc. Koninkl. Nederl. Ak. Wet., 49,1204, *1946.*
1029. DUDLEY, H. C., LEVINE, N. D. — **Action toxique du gallium (I).** — J. Pharm. Exp. Therap., 95,487, *1949.*
1030. DUDLEY, H. C., MADDOX, G. E., LA RUE, H. C. — **Métabolisme du gallium.** — J. Pharm. Exp. Therap. 96,135, *1949.*
1031. ENGLISH, J. A., DUDLEY, H. C. — **Répartition de radiogallium dans les dents et la bouche d'animaux d'expérience.** — Naval Med. Res. Inst. Rept., $NMOO_8$, *1949.*
1032. DUDLEY, H. C. — **Importance biologique du radiogallium Ga 72.** — Naval Med. Res. Inst. Rept., NMO_{11}, *1949.*
1033. DUDLEY, H. C., MUNN, J. I., HENRY, K. E. — **Métabolisme du gallium.** — J. Pharm. Exp. Therap., 98,105, *1950.*
1034. DUDLEY, H. C., HENRY, K. E., LINDSLEY, B. F. — **Action toxique du gallium (II).** — J. Pharm. Exp. Therap., 98,409, *1950.*
1035. DUDLEY, H. C., IMIRIE, G. W., ISTOCK, J. T. — **Dépôt de radiogallium 72 dans des tissus en prolifération.** — Radiology, 55,571, *1950.*

1036. KING, E. R., PERKINSON, J. D. — **Etudes de répartition du Ga 72 dans les rats.** — Texas Repts. Biol. Med. Stud., 8,491, *1950.*

1037. KING, E. R. — **Excrétion du gallium chez le rat et chez l'homme.** — Science, 113,555, *1951.*

1038. LANG, F. R. — **L'usage du gallium radioactif en médecine.** — Ann. Intern. Med., 35,1237, *1951.*

1039. MULRY, W. C., DUDLEY, H. C. — **Radiogallium pour le diagnostic des tumeurs des os.** — J. Lab. Clin. Med., 37,239, *1951.*

1040. MUNN, J. I., WALTERS, N. H., DUDLEY, H. C. — **Excrétion du gallium chez l'homme et les animaux.** — J. Lab. Clin. Med., 37,676, *1951.*

1041. DUDLEY, H. C., FRIEDMAN, L. — **Influence de la vit. D sur le dépôt du gallium dans les os du rat.** — Science, 115,146, *1952.*

1042. KING, E. R., MASON, M. W., MESSINGER, H. B., DUDLEY, H. C. — **Rapport sur l'utilisation du Ga 72 comme traceur biologique.** — Radiology, 59,844, *1952.*

1043. ARCHDEACON, J. W., BRUCER, M. — **Application de la perfusion du foie du rat.** — Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 81,325, *1952.*

1044. ARCHDEACON, J. W., NASH, J. B., WILSON, G. C. — **L'excrétion biliaire de Ga^{72}, Au^{198} et Hf^{181} chez le rat.** — Texas Rept. Biol. Med., 10, 281-5, *1952.*

1045. DUDLEY, H. C., MARRER, H. H. — **Métabolisme du gallium - Dépôt dans les os et mouvement inverse.** — J. Pharmacol. Exptl. Therap. 106, 129-34, *1952.*

1046. HEWITT, E. J., BOLLE-JONES, E. W. — **Expériences avec Co, Ni et Ga dans la culture des semences.** — Ann. Rept. Agr. Hort. Research St., Bristol, 62-6, *1952.*

1047. BERTRAND, D. — **Sur la teneur en gallium des terres arables.** — Compt. Rend., 237, 578, *1953.*

1048. BRUCER, M., ANDREWS, G. A., BRUNER, H. D. — **Une étude sur le gallium 72 - Résumé et conclusions.** — Radiology, 61, 534-613, *1953.*

1049. DESGREZ, H., GUERIN, R. A., GUERIN, M. T. — **Le gallium 72 comme agent spécifique pour les tumeurs osseuses malignes.** — Presse Méd., 62, 987-8, *1954.*

1049 a. VAN DER WERFF, J. T. — **Recherches chimiques sur l'utilisation de gallium radioactif (66 et 67) dans les maladies osseuses.** — Acta Radiol., 41, 343-7, *1954.*

Voyez aussi : 368 - 702 - 997.

Usages

Applications possibles

1050. FOOTE, F. D. — **Une substance pyrométrique idéale.** — Mining and Metallurgy, 157,12, *1920.*
1051. BATES. — **Une nouvelle lampe à vapeur de cadmium.** — Phil. Mag., (6), 39,353, *1920.*
1052. BOYER, S. — **Thermomètres pour hautes températures.** — Ind. Eng. Chem., 17,1252, *1925.*
1053. BERRY, E. R. — **Quartz fondu transparent.** — Journ. of. Soc. Chem. and Ind., 45,35, *1926.*
1054. POUTOT, H. — **Utilisation du gallium pour les plombages dentaires.** — Korresp. bl. f. Zahnärzte, 438,454,502, *1930.*
1055. GRETH, H. — **Utilisation du gallium pour les plombages dentaires.** — Z. f. Stomat., 586, *1930.*
1056. KEYES, F. G. — **Méthodes et procédés utilisés pour les recherches de pression et volume de l'eau à 4600 à l'Inst. de Massachussets.** — Proc. Amer. Acad. Arts Sc., 68,505, *1933.*
1057. GUERTLER, W. — **Nouveautés sur l'amélioration des alliages industriels au moyen d'éléments rares.** — Chem. Ztg., 98,969, *1934.*
1058. HERRMANN, F. — **Présence et utilisation de quelques éléments rares.** — Metallbörse, 24,145, *1934.*
1059. MONDAIN MONVAL, P., PARIS, R. — **Alliages ultra-légers à base de magnésium.** — Mineral Ind., 43,616, *1935.*
1060. FREITAG, R. — **Métaux rares et leurs emplois.** — Apparatebau, 50,169, *1938.*
1061. WEIBKE, F., HESSE, E. — **Sur la question du remplacement du Hg par Ga dans les plombs dentaires.** — Z. elektrochem., 46,219, *1940.*
1062. SCHULZE, A. — **Matériaux pour manomètres à résistance.** — Arch. tech. Messen, 136, *1942.*
1063. LAZAREW, B., KAN, L. — **Mesures à basses températures et hautes pressions.** — J. Phys. URSS, 8,193,200, *1944.*
1064. POWELL, A. R. — **Métaux mineurs.** — Metal Ind., 66,376, *1945.*
1065. JAFFEE, R. I., EVANS, R. M., FROMM, E. A., GONSER, B. W — **Gallium dans les réacteurs nucléaires.** — U. S. Atom En. Comm. Rept. AECD, 3317, *1949.*
1066. TAYLOR, A. — **Raies X intenses du gallium pour la microradiographie et les études de diffraction.** — Nature, 168,471, *1951.*
1067. X. — **Nouveaux usages trouvés pour le gallium.** — Chem. Eng. News, 28,40, *1950.*
1068. O'NEAL, M. J., WIER, T. P. — **Spectrométrie de masse d'hydrocarbures lourds.** — Anal. Chem., 23,830, *1951.*
1069. ZELIKOFF, M., WYCKOFF, P. — **Lampe à décharge électrique contenant des vapeurs métalliques.** — J. optic. Soc. Am., 42,818, *1952.*

Brevets

Brevets français

1100. N° 610 192. — THOMSON-HOUSTON. — **Appareillage électrique.** — *1926.*
1101. N° 691 538. — Sté Et. Scient. Ind. — **Tubes électroniques.** — *1930.*
1102. N° 767 602. — WOLF, L. — **Traces dans les engrais.** — *1934.*
1103. N° 952 976. — PECHINEY. — **Extraction dans le procédé Bayer.** — *11. 1949.*
1104. N° 964 009. — FRARY, ALCOA. — **Extraction dans le procédé Bayer.** — *1. 1950.*
1105. N° 964 344. — BROWN. — **Extraction dans le procédé Bayer.** — *1. 1950.*
1106. N° 967 404. — BROWN. — **Extraction dans le procédé Bayer.** — *1950.*
1107. N° 969 033. — PECHINEY. — **Extraction dans le procédé Bayer.** — *12. 1950.*
1108. N° 1 079 718. — PECHINEY. — **Extraction dans le procédé Bayer.** — *4. 1951.*

Brevets U. S. A.

1115. N° 1 576 083. — BOYER, GEN. ELECTR. CY. — **Raffinage Ga par distillation halogénure.** — *1925.*
1116. N° 1 855 455. — ONEIDA COMM. LTD. — **Extr. dans l'industrie de Zn.** — *1932.*
1117. N° 1 886 825. — ONEIDA COMM. LTD. — **Extr. dans l'industrie de Zn.** — *1932.*
1118. N° 1 928 179. — GROLL, SHELL. — **Préparation du triéthylgallium.** — *1933.*
1119. N° 1 928 180. — GROLL, SHELL. — **Préparation du triéthylgallium.** — *1933.*
1120. N° 1 948 687. — WESTINGHOUSE. — **Contacts électriques.** — *1934.*
1121. N° 2 270 193. — MC. DONALD. — **Alliages Mg.** — *1942.*
1122. N° 2 457 661. — GROSSER. — **Catalyseur Chim. Organique.** — *12. 1948.*
1123. N° 2 496 692. — BLACKBURN. — **Tubes électroniques.** — *1950.*
1124. N° 2 522 687. — PADGITT, KIRBY. — **Catalys. Chim. Org.** — *9. 1950.*
1125. N° 2 565 861. — LEVERENZ, HARVEY. — **Matériaux magnétiques.** — *8. 1951.*
1126. N° 2 574 008. — BEJA, PECHINEY. — **Extr. dans le proc. Bayer.** — *11. 1951.*
1127. N° 2 576 456. — HARVEY, HUMBOLDT. — **Matériaux magnétiques.** — *11. 1951.*
1128. N° 2 580 429. — ALCOA. — **Extr. dans le proc. Bayer.** — *12. 1951.*
1129. N° 2 582 376. — FRARY, ALCOA. — **Extr. dans le proc. Bayer.** — *1.1952.*
1130. N° 2 582 377. — BROWN, ALCOA. — **Extr. dans le proc. Bayer.** — *1. 1952.*
1131. N° 2 582 378. — ALCOA. — **Extr. dans le proc. Bayer.** — *1. 1952.*
1132. N° 2 585 393. — LYLE. — **Alliages plastiques.** — *2. 1952.*
1133. N° 2 595 925. — CARLSON, WILHELM, COMM. EN. ATOM. USA. — **Alliages pour piles atomiques.** — *5. 1952.*
1134. N° 2 598 777. — FRARY, ALCOA. — **Extr. au cours de la fabrication de Al.** — *6. 1952.*

1135. N° 2 623 859. — KRÖGER. — **Sulfure de Zn phosphorescent.** — *12. 1952.*
1136. N° 2 629 656. — LYLE, ALCOA. — **Alliages plastiques.** — *2. 1953.*
1137. N° 2 691 738. — MATTHIAS. — **Propriétés électr. du gallate de La.** — *1954.*
1138. N° 2 668 142. — STRECKER, H. A., STINE, H. M. — **Procédé de Reforming par catalyse.** — *2 février 1954.*
1139. N° 2 671 746. — BREW, R. D. — **Système de liaison.** — *9 mars 1954.*
1140. N° 2 710 253. — WILLARDSON, R. K., GOERING, H. L., MIDDLETON, A. E. — **Alliage semi-conducteur aluminium - antimoine - gallium.** — *7 juin 1955.*

Brevets allemands

1148. N° 217 951. — VOGEL. — **Lampes à vapeur de Ga.** — *1910.*
1149. N° 453 184. — AEG. — **Avertisseurs d'incendie.** — *1927.*
1150. N° 454 213. — AEG. — **Alliages liquides.** — *1928.*
1151. N° 496 856. — METALLGES. AG. — **Purification de l'aluminium.** — *1930.*
1152. N° 524 284. — ROSENBAUM. — **Alliages dentaires.** — *1931.*
1153. N° 562 212. — SWINNE, SIEMENS. — **Avertisseurs d'incendie.** — *1932.*
1154. N° 603 456. — KALIWERKE ASCHERLEBEN. — **Alliages dentaires.** — *10. 1934.*
1155. N° 801 986. — WERNER FISCHER. — **Composés purs de Ga.** — *1. 1951.*
1156. N° 823 352. — METALLGES. AG. — **Procédé pour l'obtention de concentrats aluminium-gallium.** — *10. 1951.*
1157. N° 828 155. — METALLGES. AG. — **Procédé pour l'obtention de gallium pur à partir de concentrats aluminium-gallium.** — *12. 1951.*

Brevets anglais

1161. N° 25 550. — SMITHELLS. — **Thermomètres.** — *2. 1946.*
1162. N° 622 550. — Cf. Br. Fr. N° 969 033. — *5. 1949.*
1163. N° 674 036. — Cf. Br. U. S. N° 2 582 376. — *6. 1952.*
1164. N° 674 039. — Cf. Br. U. S. N° 2 582 378. — *6. 1952.*
1165. N° 674 104. — Cf. Br. U. S. N° 2 582 377. — *6. 1952.*
1166. N° 707 851. — HANS HEINRICH HÜTTE. — **Hydrure de Li-Al et hydrure de Li-Ga.** — *21 avril 1954.*

Brevets canadiens

1170. N° 358 139. — SWINNE, CAN. WESTINGHOUSE. — **Appareillage électrique.** — *5. 1936.*
1171. N° 358 256. — SWINNE, CAN. WESTINGHOUSE. — **Appareillage électrique.** — *6. 1936.*

Brevets U. R. S. S.

1175. N° 64 711. — BLINOV. — **Extr. dans l'industrie de Zn.** — *5. 1945.*

Brevets autrichiens

1180. N° 175 706. — FRARY, F. G. — **Production de Ga dans l'industrie de raffinage de Al.** — *1. 1948.*

Divers

(ne concernant pas directement le gallium)

Analyse

1200. NOYES, A. A., BRAY, W. C., ELLWOOD, B. S. — **Un système pour l'analyse qualitative des éléments communs.** — J. Am. Chem. Soc., 30,515 et 558, *1908.*
1201. BERG, R. — **Sur l'influence de substituants sur l'insolubilité et la stabilité de complexes métalliques dérivés de l'o. oxyquinoléine.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 204,208, *1932.*
1202. BERG, R., KUSTENMACHER, H. — **La 5.7. dibromo 8. oxyquinoléine, un nouveau réactif spécifique pour Cu, Fe et Ti en analyse quantitative.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 204,215, *1932.*

Electrochimie

1203. BREDIG, G., HABER, F. — **Sur la pulvérisation de cathodes métalliques lors de l'électrolyse en courant continu.** — Ber. D. Ch. Ges., 31,2741, *1898.*
1204. SMITH, E. F. — **L'utilisation d'une cathode de mercure en analyse électrochimique.** — J. Am. Chem. Soc., 25,885, *1903.*
1205. LUKENS, H. S. — **L'utilisation du mercure comme cathode en électroanalyse.** — Trans. Am. Electroch. Soc., 52,309, *1927.*
1206. MELAVEN, A. D. — **Cellule électrolytique à cathode de mercure.** — Ind. Eng. Chem. An. Ed., 180, *1930.*
1207. GLASSTONE, S. — **Electrochimie des solutions.** — Alcan, Paris, *1936.*
1208. SCHERRER, J. A., MOGERMAN, W. D. — **Méthode pour le dosage de l'aluminium dans certains métaux non ferreux par l'aurine-tricarboxylate d'ammonium.** — Nat. Bur. Stand., 21,105, *1938.*
1209. STEINMETZ, M. H. — **Méthode utilisant une cathode de mercure pour doser de très faibles quantités de titane et métaux similaires dans des alliages.** — Ind. Eng. Chem. An. Ed., 109, *1942.*
1210. ROCQUET, P. — **Microdosage de l'aluminium dans les aciers.** — Rev. Metall., 276, *1943.*
1211. JOLIBOIS, P. — **Quelques aspects nouveaux sur l'électrolyse.** — Sté Et. Chim. pr. l'Ind. et l'Agricult., 11, avenue de Friedland, Paris, *1952.*
1212. NODDACK, W., WICHT, E. — **Une nouvelle méthode pour la séparation des terres rares.** — Z. Elektrochem., 56,893, *1952.*
1213. BODE, H. — **Sur la mobilité des ions aluminate dans les lessives d'aluminate de soude.** — Z. Anorg. Allg. Chem., 269, *1952.*
1214. CLUSIUS, K., RAMIREZ, E. — **Séparation électrolytique des terres rares.** — Chimia, 4,90, *1953.*

TABLES

Table alphabétique des noms d'auteurs

Les numéros renvoient à l'index bibliographique.
Les Brevets et les « Divers » ne figurent pas dans cette table.

A

Abdine, H., 968
Abelson, P., 328-334-355
Abrahamson, A., 243
Abramow, F. I., 860
Adams, G. B., 430-431
Agawa, E., 242
Agliardi, N., 988
d'Agostino, O., 294-300
Ahrens, L. H.. 150
Alexeeva, K., 330
Alexejewa, W. N., 865
Alimarin, I. P., 930
Allen, N. P., 636
Allen, R., 166
Allenbach, C. R., 713
Alvarez, L. W., 323-324
Amaldi, E., 294
Anderson, H., 568
Andrews, G. A., 1048
Andrews, K. W., 613-615
Antkiw, S., 384
Antweiler, H. J., 498
Archdeacon, J. W., 1043-1044
Arden, T. V., 994
Armstrong, G., 435
Asaî, K., 249
Astakhov, K. V., 719
Astbury, W. T., 541
Aston, F. W., 273-298-825
Aten, A. H., 379
Ato, S., 911-912-915-924-931-941-982
Auer, H., 460
Axon, H. J., 630

B

Bacher, R. F., 283
Baird, J. H., 963
Bancelin, J., 109
Band, W., 470
Bardet, J., 101-177-896-1016-1017
Barker, E. C., 372
Barrie, R., 651
Barrow, R. F., 888-1002
Bartell, F. E., 419
Barth, T. F., 540-547-552
Bartholomay, H. W., 428
Bartlett, F. L., 73
Bassett, L. G., 880
Bates, 1051
Bates, L. F., 469
Baumgartner, W., 635
Baxter, G. P., 269-309
Bearden, J. A., 290-295-344
Beck, G., 928-986
Becker, G., 673
Beeman, W. W., 333
Beja, M., 195
Belcher, R., 955
Bell, R., 697
Bene, G. J., 369
Benedetti-Pichler, A. A., 929-934
Bent, H. E., 676
Berg, G., 179
Berg, R., 220
Bergmann, 142
Bergstrom, F. W., 662
Berry, E. R., 1053
Bertrand, D., 866-1047
Betterton, J. O., 642-643
Berthelot, M., 25-30
Beuthe, H., 282
Bevillard, P., 809 b

Bezier, D., 948
Bibikowa, W. I., 131
Bichowski, F., 394
Biltz, W., 688
Bishop, E., 951
Bishop, G. R., 375
Blanco, R. E., 711
Blasius, E., 1007
Bleakney, W., 305-306
Blenke, W., 660-663
Blewett, J. P., 528
Block, J., 712
Blom, J. W., 458-461-462-465-466-472-473
Blokhin, M. A., 352
Blowden, F. P., 411
Blunt, R. F., 652
Bock, E., 960
Bock, R., 509-511-953-960
Bodenstein, M., 274
Bogomolov, J. A., 232
Bohm, J., 562
Bolle-Jones, E. W , 1046
Bommer, H., 190-620
Bond, A., 732
Borovick, S. A., 1122-136-137-142-146-152-859-868-1027
Borovick-Romanova, T., 142-1027
Bose, P., 715
Bose, R., 926
Bothe, W., 317-318
Boulanger, C., 896
Bowden, F. P., 401-411
Boyer, S., 171-173-176-1052
Bradacs, L. K., 1006
Bradley, A. J., 558
Brandt, K., 567
Brannock, K. C., 139
Brata, L., 523-524-527
Brauer, G., 289
Breckpot, R., 850
Breckenridge, R. G., 649-650
Breidt, P. Jr, 654
Brewer, F. M., 167-889
Bricker, C., 993
du Bridge, L. A., 312
Bridgman, J. A., 172-174
Bridgman, P. W., 395-448-557
Bridgman, W., 477
Brintzinger, H., 679
Brooksbank, A., 385
Brode, H., 764
Broder, J., 647-718
de Broglie, M., 265
Broniewski, W., 445
Brown, F. E., 677
Brown, H., 161-367
Brown, H. C., 729-807-808
Brown, S. G., 270
Browning, P. E., 490-585-897-898-899-900
Brucer, M., 1043-1048
Brukl, A., 667-668-670-906-907-908-909-910-913
Bruner, H. D., 1048
Bube, R. H., 434
Buchner, A., 526
Buck, J. H., 326
Buck, R. P., 535
Bull, B., 403
Burns, K., 857
Burstall, F. H., 994
Buschendorf, F., 549-550
Butts, A., 496

C

Cambi, S. C., 121
Campbell, J. S., 283-284-288
Canneri, G., 1010
Carnelly, 53
Carrara, G., 1005
Carroll, J. A., 821-824-827-829
Cass, G., 243
Catalan, M. A., 820
Cauchois, V., 863
Caum, J. W., 618-619
Centola, G., 680
Chang, W. J., 315
Channel-Evans, K. M., 591
Chapman, A. D., 1025
Charlot, G., 533-944-948
Chester Mc Burney, T., 162
Choppin, G. R., 1004
Cichocki, J., 599
Cimmergakl, V. A., 1014 b
Clarke, F. W., 76-105-267
Clusius, K., 399-778
Coates, G. E., 806-809
Cohen, A. J., 1012
Cohen, A. S., 998-999-1000-1001

Collat J. W., 1014 a
Collins, T. L., 389
Cooksey, C. D., 266
Corbett, J. D., 784-785
Cord, C. P., 1026
Corey, R. B., 903
Cornwall, 38-39
Coustal, R., 400
Cozzi, D., 1010
Crafts, 69
Craig, W. M., 272-675-745-746
Crasemann, B., 380-389 a
Crawford, H. E., 777
Creary R. L., 335
Crew, M. C., 790
Croft, A. J., 480
Crompton, H., 392
Cunningham, B. B., 362
Curtiss, L. F., 354

D

Daly, R. T., 383
Darwin, 981
Das Gupta, J., 861
Davidson, A. W., 505-507
Davies, G. R., 230-586-994
Davies, J. K., 419
Dearr, R. S., 189
Debye, P. P., 479
Deffet, L., 417
Dehmelt, H. G., 386
Deischer, C. K., 966
Delachanel, 5
Del Campo y Cerdan, A., 103
Delepine, M., 708-709-714
Denis, P. M., 369
Dennis, L. M., 172-174-801
Denny, J. P., 639
Desgrez, H., 1049
Detwiler, D. P., 254-656
Deutschbein, O., 841
Dewar, 31
Dibeler, V. H., 384
Dieulafait, 35
Dodd, C., 471
Donati, A., 831
Domarew, W. S., 124
Dörre, E., 584 a-657
Drake, G. W., 675
Drew, H. D., 800
Drickamer, H. G., 638
Duane, W., 268
Duckert, R., 940
Dudley, H. C., 368-702-997-1029-1030 à 1035-1039 à 1042-1045
Dupre, A., 23
Dupuis, T., 996
Dunlap, W. C., 659 b
Dutt, N. K., 686-715
Duval, C., 995-996

E

Eckert, R. E., 638
Eder, J. M., 813
Eddy, L. P., 807
Efendiev, F. M., 874
Ehrlich, L., 58
Einecke, E., 184-186-188-408-416-769-919
Elitsur, A. G., 719
Endter, F., 620
Engel, M., 626
English, J. A., 1031
Enright D. P., 721
Eppelsheimer, D. S., 629-632
Erametsa, O., 127
Evans, R. M., 640-641-1065
Exner, 94-814
Extermann, R. C., 369

F

Fakidov, I., 463
Falciola, P., 914
Farhan, F., 881
Fedoseeva, A. S., 506
Feeny, H., 353
Feigl, F., 1006
Feit, W., 221-222
Feldmann, W. L., 659
Fermi, E., 294
Ferro, R., 645-723
Feschotte, P., 792
Filippow, A. N., 117-119
Finholt, A., 732
Fiorani, M., 659 h-659 i

Fischer, J. W., 192
Fischer, R. E., 246
Fischer, W., 754-763
Flaschka, H., 968
Flury, C., 635
Foëx, M., 724
Foffani, 877
Fogg, H. C., 211-217-494-932-933-985
Folberth, O. G., 717
Foley, H. M., 363-371
Foote, F. D., 1050
Forland, K. S., 720
Forrer, R., 311-464
Foslie, S., 151
Foster, L. S., 225-236-759-773
Foster, L. M., 710
Fox, W. M., 254
Frank, G., 724 b-724 c
Frayne, J. G., 830
Frederickse, H. P., 652
Freiser, H., 965
Freitag, R., 1060
French, S., 605
Frevel, L., 568
Fricke, R., 455-660-663-664-666-902
Friedel, 69
Friedlander, A. G., 342
Friedlander, H., 360
Friedman, H., 333
Friedman, L., 1041
Friedmann, H. L., 775
Fromm, E. A., 640-1065
Frumkin, A., 491
Frumkin, A. N., 508
Frye, J. H., 618-619
Fryxell, R. E., 949
Fulda, R., 240
Furman, N. H., 875-993

G

Ganesan, A. S., 158
Gans, F., 648
Garton, W. R., 879, 884
Garzoli, R. F., 702
Gastinger, E., 250-724 a-942-961-962
Gatterer, A., 878
Geierhaas, A., 771
Geilmann, W., 916-918
Genta, V., 659 h-659 i
Gentner, W., 317-318
Gerding, H., 887
Gerlach, W., 843
Gibson, F. H., 143
Giguère, P. A., 512
Gilfillan, E. S., 676
Ginsberg, H., 956
Gitzen, W. H., 196
Gjessing, L., 566
Gladstone, S. M., 57-79-86
Glendenin, L. E., 378
Gmelin, 182
Goble, A. T., 332
Gobrecht, H., 659 a
Goeden, H. A., 425
Goldberg, E., 161-367
Goldhaber, M., 315-340
Goldschmidt, V. M., 112-115-199-540-543-544-548-920
Goldsmith, J. R., 582-584 b-706
Gonser, B. W., 1065
Goodmann, B. B., 474-478
Gordon, M , 164
Gornowa, S. A., 131
Gorodetzkaja, A., 491-493-497
Gottschalk, V. H., 189
Grahame, D. C., 321-758
Grannis, F. H., 653
Greenfield, I. G., 655
Greenwald, S., 653
Greiner, E. S., 654
Greth, H., 1055
Griffits, F. A., 677
Grinberg, A. A., 117
Grotrian, W., 822-823
Guerin, M. T., 1049
Guerin, R. A., 1049
Guernsey, M. L., 847
Guertler, W., 1057
Guntz, A., 445
Guthrie, A., 345
Gwan Ong, S., 1028
Gwinner, E., 329

H

de Haas, W. J., 452-454-456-458-461-462-465-466
Haberlandt, H., 144-145
Hackstein, 511

Hahn, H., 563-574-580-583-584 d-584 e-724 b-724 c-793
Hahn, O., 274
Halben, H., 375
Hälg, W., 529-530-531
Hall, J. L., 1004
Havill, M. E., 809 a
Hames, F. A., 629-632
Hamilton, 338
Hamilton, J. H., 639
Hammerschmid, H., 852
Hampe, W., 66-70
Hannebohn, O., 755
Harada, T., 129
Harder, A., 602
Haring, H. G., 887
Harner, H. R., 193
Harrold, G. L., 1026
Harteck, P., 398-399
Hartley, W. N., 85-87-89-90-91-96 99-810-811-815
Hartree, D. R., 341
Hartree, W., 341
Haschek, 94-814
Haskew, C. A., 760
Haucke, W., 602-606
Hauffe, K., 712
Hauptmann, H., 551-920
Havestadt, L., 455
Haynes, S. K., 364-421
Hayter, R. G., 809
Hecht, F., 1006
Hecht, H., 694-699
Heilmann, E. L., 571
Heinle, R., 780
Hellner, E., 634-637
Helmholz, A. C., 337
Henderson, 313
Henglein, 241
Henkel, P., 752
Henle, W., 736
Henry, K. E., 1033-1034
Herber, R. H., 783
Herrmann, F., 1058
Herzfeld, E., 987
Herzog, W., 178
Hess, D. C., 157
Hesse, E., 611-1061
v. Hevesy, G., 291
Hewitt, E. J., 1046
Heyne, G., 753-765
Hicks, W. M., 816
Hieber, W., 689
Hildebrand, J. H., 423
Hill, V. G., 576-577-579
Hillebrand, W. F., 210
Hirschel, W. N., 223
Hitzig, F., 778
Hoaglin, J. E., 872
Hoather, H. H., 413
Hochberg, J., 845
Hoffmann, J. I., 224-226-228-297-405
Hoge, H. J., 594
Hojendahl, K., 185
Hollingshead, R. G., 967
Holloway, J. H., 383
Holt, D. A., 834
Holz, G., 350-695
Honigschmid, O., 274-309
Hoog, L. E., 904
Hoogenstraaten, W., 722
Hopkin, 946
Hopkins, H. H., 362
Horn, E., 644
Hosler, W. R., 652
Hough, C. R., 963
Howell, H. G., 351
Huggins, M. L., 275
Hugo, L., 2
Hulubei, H., 856-863
Hume-Rothery, W., 281-591-595-600-603-604-613-614-615-630-642-643
Hund, F., 569-795
Hutchinson, G. E., 1024

I

Iandelli, A., 607-628-633-645
Iimori, S., 110
Ikawa, M., 343
Imirie, G. W., 1035
Inagaki, M., 249
Inghram, M. G., 157
Ingle, G., 605
Ingle, H. R., 687
Inglis, D. K., 278
Irvine, J. H., 783
Irving, H. M., 957-973
Ishii, R., 935
Istock, J. T., 1035
Ito, H., 253

Itsikson, M. I., 153
Ivanow-Emin, B. N., 239-696-700-701-930-943

J

Jach, J , 437
Jaeger, F. M., 542-545
Jackson, D. A., 286-287
Jacobi, H., 672-751
Jaffee, R. I., 640-641-1065
Jacquest, J. A., 888
James, C., 211-217
Jander, G., 694-699
Jarvis, C. W., 520-522
Jaswonski, J. J., 117
Jenckel, E., 593
Jewell, 92
Johannsen, T., 727-728-805
Johnson, W. A., 496
Johnson, W. C., 225-669-747-748-760-790
Johnson, W. H., 389
Johnston, H. L., 430-431-433
Jones, E. J., 528
Jubermann, O., 754-763
Jungfleisch, E., 21-22-29
Jurney, E., 356-357-365
Juza, R., 563-569-690-793-794-795

K

Kabanow, B., 493
Kächele, R., 1019
Kahan, K., 562
Kaiser, H , 525
Kalbfell, D. C., 327
Kalinin, S. K., 125-138-859
Kamerlingh-Onnes, H., 449-450-451
Kan, L., 1063
Kanatani, I., 242
Kang-Fuh-Hu, 268
Kapitza, P., 453-457
Karantassis, T., 698
Karpachew, S., 502
Kashirtsev, A. S., 163
Keck, P. H., 647-718
Keeping, 586
Keil, W., 214-220
Kentmann, A., 771
Kern, B. D., 361
Kerr, E. C., 430
Keyes, F. G., 1056
Kieffer, G. L., 693
Kievit, B., 280
Kilian, H., 761
King, A. S., 826
King, E. R., 1036-1037-1042
King, G. L., 705-779
King, L., 584
Kirschman, H. D., 980
Kirtland, 80-82
Kitahara, S., 947-950
Kittsley, S. L., 425
Klages, F., 780
Klein, E , 819
Klein, O., 467
Kleinberg, J., 507
Klement, R., 1008
Klemm, A., 381
Klemm, W., 402-620-631-672-678-681-749-750-751-755-761-767
Kleppa, O. J., 426
Klingler, W., 574
Klug, H. P., 693
Kluge, M., 657
Knoblauch, H. G., 791-792
Knox, K., 782
Koester, W., 644-658
Kojima, S., 336
Korsching, H , 310-316
Koster, G. F., 377
Kostrikin, W. M., 239
Kraus, C. A., 225-803-804
Kriesel, F. W., 106-108
Kroll, W., 589
Kroll, W. J., 154-623
Krose, E., 620
Kumina, S. I., 858
Kunert, G., 59-62
Kuroda, K., 130
Kurtepov, M. M., 506
Kusch, P , 370
Kusche, H., 960
Kusnetzov, V. I., 707-939

L

Lacroix, S., 703-945-992
Lagrenaudie, J., 648
Lamontagne, D., 512

Lang, F. R., 1038
Lang, R. J., 832-835-836-837
Lange, E., 467
Lange, H., 409
Langer, L. M., 373
Lansing, W. D., 838
Laporte, O., 278-835
Larach, S., 434
Larsson, T , 566
La Rue, H. C., 1030
Laubengayer, A. W., 687-762
Lauterjung, K. H., 348
Laves, F., 554-556-582-584 b-598-612-622
Lazarew, B., 463-1063
Lebeau, P., 309
Lecoq de Boisbaudran, 1-4-7 à 19-21-22-24-26-27-40 à 47-49-50-52-56-61-63-64-65-77
Leddicotte, G. W., 385
Leifer, H. N., 659 b
Lepine, P., 1018
Leuthardt, F., 347
Levaditi, C., 1016-1017-1018
Lever, F. M., 247-248
Levin, F. K., 883
Levine, M. D., 1029
Lewin, G F., 595
Lewis, J. R., 639
Libman, E. P., 120
Liebig, G. F., 1025
Linde, J. O., 588
Lindener, B., 104
Lindsay, G. A., 280
Lindsley, B. F., 1034
Lindstrom, C. F., 852
Linnemann, E., 60
Lirman, G. W., 559
Lisunow, N. W., 136-137
Liveing, 31
Livinggood, J. J., 320-342
Llord y Gamboa, H., 212
Lloyd, D. J., 503-770
Lockyer, 32
Lohnis, M. P., 1023
Longuet-Higgins, H., 697-731
Lopez de Azcona, J. M., 140-854
de Lorent, C., 584 e
Loring, F. H., 170-271
Louguinine, 6
Luders, H., 116
Lunde, G., 540
Lundell, G. E., 297
Lunt, 107

M

Mabbot, G. W., 591
Mac Cown, A , 366
Mac Dùffie, B., 993
Mac Elroy, A. D., 507
Machatschki, F., 553
Mack, G. L., 419
Mack, J. E., 835
Mac Mullan, R. K., 785
Maddox, G. E., 1030
Mahlman, H. A., 385
Majer, V., 1003
Major, H., 566
Majumdar, A., 155
Makarow, E. S., 625
Malatesta, L., 121
Mandal, K. L., 691-692
Mandeville, C E., 349-358
Mann, L. G., 387-388
Mann, W. B., 314-325
Manning, M. F., 341
Mannkopf, R., 839-840
Marchal, G., 661
Margrave, J. L., 738
Marrer, H. H , 1045
Marshak, H., 382
Marshall, P. A., 721
Martin, H. H., 684
Martini, A., 937
Marton, L., 355
Mason, M. W., 1042
Massalski, T. B., 659 c
Masters, H. K., 181
Mathews, A. A., 135
Matzner, E., 293
Meek, S. F., 1026
Meggers, W. F., 886
Meisel, K., 596
Meissner, K., 817
Meitner, L., 292
Mendelejeff, D., 3
Mendoza, E., 474
Menke, H., 555
Mermet, 5
Merten Watt, L., 572

Messinger, H. B., 1042
Meyer, J , 404-406
Meyer, R. J., 274
Meyer, S., 93
Meyerhof, W. E., 387-388
Meyring, K., 664
Michaud, H., 796
Micic, O. D., 187-601
Miescher, E., 844-846-848
Miller, L. C., 354
Milligan, W. O., 420-560-564-572-685
Milner, G. W., 958-964-969
Milowanow, G. N., 180
Mironowa, S., 238
Miropolski, L., 146
Mitchell, A. C., 356-357-361
Mitchell, R. L., 141-156-160-871
Miyamoto, G., 336-343
Moeller, K., 609
Moeller, T., 584-705-779-998-999-1000-1001-1011-1012
Moffat, R. D., 373
Mondain-Monval, P., 1059
Monkmeyer, K., 780
Moore, R. T., 165
Morgan, G. T., 227-230-800
Morris, D. F., 167-889
Moser, L., 906-907-908
Moss, H. W., 811-815
Mott, N. F., 459
Mott. W. R., 393
Muir, M P., 20
Mukerji, A., 374-376
Mukherjee, A. K., 429
Mukherjee, B., 873-876
Mulry, W. C., 1039
Munn, J. L., 1033-1040
Murakami, S., 242
Murata, K. J., 164
Murphy, R. J., 886
Murtajazew, A., 497
Mutch, W. W., 296-302

N

Nachtrieb, N. H , 510-882-949
Nandi, S. K., 683
Nash J. B., 1044
Nathanson, J. B., 410
Negwer, M., 1007
Nekrasov, B. N., 532
Neogi, P., 683-686-691-692
Neighbours, J. R., 659 d
Nekhoroshev, G. V., 168
Niccoloni, P., 1022
Nicolaus, H. O., 198
Nief, G., 481
Nier, A. O., 389
Nikolaev, K. M., 719
Nilson, L. F., 34-71
Nocholds, S., 156
Nockolds, S. R., 166
Noddack, I., 113
Noddack, W., 113
Novak, J., 551
Novak, V , 133
Nutten,A. J., 955

O

Oberhauser, F., 118
O'Connor, E. A., 401
O'Donnel Roberts, E. A., 624
Oftedal, I., 128
Oka, Y., 936
Okada, S., 169
Olsen-Bär, J. L., 480
Olsen-Bär, M., 476
O'Neal, M. J., 1068
O'Neal, R. D., 340
Onishi, H., 970
Ortner, G., 667-668-670
Osborn, E. F., 576-577-579
Ostroumov, E A., 943
Oswald, F., 717
Owen, E. A.,608-624-627
Owen, M., 446

P

Pahl, M., 291
Papish, J., 111-834-904
Papsdorf, W., 319
Paratt, L. G., 307-308
Paris, R., 1059
Parsons, J. B., 747-748-790
Partington, J R., 774
Pascal, P., 177-447
Paschen, F., 817

Patnode,W. J., 219-801
Patrovsky, V., 1009-1013
Patterson, C. S , 782
Pauling, L., 521
Payne-Scott, R., 842
Pearson, G. L., 659
Pearson, W. B., 659 e
Pelisek, J., 132-133
Penner, S. S., 422
Perkinson, J. D., 711-1036
Perlitz, H., 276
Perlotto, T., 877
Peters, C., 115-839-920
Petrikaln, A., 845
Petrowa, A., 756
Pettersson, O., 34-71
Pickart, S. J., 653
Pietsch, E., 726-923
Pilipenko, A T., 952
Pina de Rubies, S., 854
Plumb, H. H., 436
Pohl, F. A., 971
Poluetkoff, N. S., 927
Pontecorvo, B., 294
Pope, W. J., 84
Popova, K. N., 163
Porlezza, C., 831
Porter, L. E., 897-898-899-900
Posnjak, E., 547-552
Pound, R. V., 389 b
Poutot, H., 1054
Powell, A. R , 247-1064
Powell, C. F , 524
Powell, R. I., 476
Powell, R. W., 194-201-475-573-575
Pozzi-Escot, M. E., 895
Preiswerk, P., 374-376
Pribram, R., 95
Prokopenko, N. M., 152
Pugh, W., 213-218-229-503-757-770
Pundsack, F. L., 1001-1011-1012
Purushottam, A., 1014 c
Puschin, N. A., 187-587-590-601-682
Putnam, P. C., 905

R

Rabowik, Y. I., 696-700-701
Rabuteau, 48
Rachford, H. H., 572
Radley, J. A., 990
Raghava Rao, B. S., 1014 c
Ramage, H., 85-87-89-90-91-96-102-215-391-810
Ramberg, E., 277
Ramsay, M., 356-357
Ramsay, W., 72
Ramsey, J. B., 980
Rao, K. R., 833
Rasetti, F., 353
Raub, E., 625
Raynor, G. V., 346-600-603-604-617-659 c
Regnauld, J., 28
Reichel, E., 983
Renes, P. A., 887
Renwanz, G., 802
Renzetti, 338-339
Resniak, P. A., 238
Retgers, J. W., 81
Reusch, H. J., 671
Rexer, E., 561
Rex Ford, O., 285
Reynolds, F. M., 245
Reynolds, J., 643
Reynolds, P. W., 595
Riccoboni, L., 877
Rice, M., 389 b
Richards, T. W., 171-173-175-176-272-397-745-746
Richter, H., 621
Richtmyer, F. K., 277-308
Ridenour, 313
Ridler, K. E., 411
Riedl, E., 843
Rimatori, 97-98
Rinck, E., 972
Rinn, H., 568
Ripoll, P., 118
Riwkina, M. A., 864
Roberts, E. J., 905
Roberts, E. W., 608
Roeser, W. F., 405
Roesner, 959
Rogers, H. W., 903
Rogers, L. B., 535-1014 a
Rollins, O. W., 966
Roman, W., 923
Rosbaud, P , 251
Rose, H., 926
Rosenberg, H. M , 438

Rossi, L., 921
Rossotti, F. J., 957-973
Rotariu, G. J., 435
Roth, E., 481
Roth, W. A., 404-406-526-673
Roy, D. M., 584 c
Roy, R., 576-577-579-581-584 c
Ruggiero, A., 723
Russanow, A. K., 153-858-860-865
Russel, Y., 394
Rydberg, J. R., 75-390

S

Sagane, R., 315-322-331-336-343
Sahama, T. G., 149
Saito, K., 244
Sakellarides, P , 698
Salsilli, L., 724 d
Saltman, W. M., 510-882
Sameshima, J., 745-746
Sampson, M. B., 305-306
Sandell, E. B., 159-989-991
Sandmann, H., 1008
Sarkar, P. B., 155-231-873
Saunders, D., 605
Sawyer, R. A., 279-836-837
Schaeffer, G. W.,729
Schaetti, N., 635
Scharowa, A. K., 234
Scheibe, G , 852
Scherb, M., 359
Scherrer, J. A., 210-925
Schintlmeister, J., 299
Schirmer, F. B., 762
Schlapmann, H., 699
Schlesinger, H. I., 729-732-737
Schmidt, M., 733-734-735
Schmidt, O., 415
Schnick, I., 681
Schoenberg, 468
Schofield, T. H., 636
Schtscherbina, W. W., 137
Schubert, K., 584 a-657-716
Schucht, L., 36-37
Schuler, H., 310-316
Schulze, A., 1062
Schulze, R., 407
Schwab, G. M., 350-684-695
Schwarz, G., 344
Schwarz, L., 1015
Schwarz v. Bergkampf, E., 492-917
Scott, R. O., 870
Scribner, B. F., 226-228
Seaborg, G. T., 320-321-342-758
Sebba, F., 229-437
Segre, E , 294-301
Selchow, D. A., 905
Selis, S. M., 659 f
Selvig, W. A., 143.
Sen, M. K., 855
Sequin, P., 648
Seren, L., 360
Shaw, C. H., 290-295-307
Shaw, P. F., 375
Shdanow, G. S., 559
Shomaker, V., 766
Siegel, J. M., 378
Sieke, F., 1015
Singhadeja, S., 535
Skramovsky, S., 183
Smith, A. W., 830
Smith, C. S., 659 d
Smith, D. M., 851
Smith, J. D. M., 216
Smith, R. L., 655
Smith, R. W., 872
Smoluchowski, R., 303-304
Snell, A. S., 372
Sollner, K., 403
Somekh, E. M., 469
de Sorbo, W , 432
Soret, C., 51-54-55-68
Sosedko, A. F., 122
Speer, F., 659 a
Speiser, R., 433
Spells, K. E., 412
Spengler, H., 659 g
Spicer, W. M., 428
Spikes, W. F., 929-934
Srinivasan, M. K., 418
Stajic, V., 587-590
Stecker, O., 805
Steinbach, J. F., 965
Steinberg, R. A., 1021
Stelling, O , 495
Stepanovic, S., 587
Stephen, W. I., 955
Stern, J. P., 954
Sternberg, R. L., 372
Stevenson, D. P., 766

Steuer, 959
Stilson, C. B., 111
Stockdale, D., 616
Stoiber, R. E., 126
Stoll, W. C , 147
Strock, L. W., 869
Stromberg, A., 502
Stumpf, H. C., 710
Svirbely, W. J., 659 f
Swift, E. H., 901
Syrokomski, W. S., 234

T

Tanch, 818
Tanenbaum, M., 659
Tarasow, W. W., 570
Tate, A. E., 636
Taube, H., 534-775
Taylor, A., 1066
Taylor, G. F., 396
Tchakirian, A., 177-665-1016-1017
Teller, U., 689
Ternent Cooke, W., 235
Terpstra, P., 542-545
Thatcher, R. W., 1020
Theobald, L. S., 954
Thoma, B , 658
Thomas, J. S., 213
Thompson, A. P., 193-200
Thompson, E. W., 888
Thompson, M. R., 501
Thorpe, T. E., 267
Tiede, E., 116-791-792
Tilk, E., 749-750-751
Tilley, C., 156
Timofejewski, D. A., 125
Tolmatschew, J. M., 119
Tomkins, F. S., 880
Tomkinson, E., 725
Tompson, R. Y., 236
Toonder, F E., 803-804
Treco, R. M., 619
Treusch, O., 597
Trombe, F., 724
Turco, A., 724 d
Turkel, S., 360
Turnbull, D., 424-427
Tuyn, W., 450-451
Tyree, S. Y., 782

U

Uchiyama, A., 161
Uhler, H. J., 818
Uhler, H. S., 266-490-585
Ulich, H., 753-765-768-771-772
Urbain, G., 267-812
Ussery, H. D., 135

V

Vaisman, A., 1016-1017
Valenta, E , 813
Valenti, V., 659 h-659 i
Valley, G. E., 335
Van Dyke, R. E., 776-777
Vanselow, A. P., 1025
Vasserberg, V. E., 163
Venturello, G., 988
Verdieck, R., 504
Vernadski, W., 100-104
Verwey, E. J., 571
Vinagradov, A. P., 148
v. Vogel, H. R., 678
Vollack, A., 1024
Volmer, M., 415
Vondrasek, O., 183
Voogd, J., 452-454-456
Vovnenko, A. M., 1014 b

W

Wada, I., 935
Wager, L. R., 141-156-160
Wagner, G. H., 196
Wainer, E., 674
Wallach, J., 679
Wallbaum, H. J., 565-612
Walpole, R. E., 247
Walters, N. H., 1040
Ward, A. G., 414
Warren, B., 669
Wartenberg, H., 671
Wartik, T., 737
Washington, H. S., 105
Wassiliew, K. N., 858
Watt, G. N., 1004
Wattenberg, A., 358
Wehrli, M., 529-530-844-846-848-849-853-862

Weibke, F., 592-596-610-611-1061
Weinberg, M., 828
Weiser, H. B., 420-560-564-685
Welker, H , 646
Welti, D., 1002
Wenger, P., 940
Wenk, W., 862-867
van der Werff, J. T., 1049 a
West, H. I., 387-388
Westenbrink, H. G., 542-545
Weyl, W. A., 721
White, 397
Whynes, A. L., 774
Wiberg, E., 727-728-730-733-734-735-736-796-805
Wiegels, L., 596
Wier, T. P., 1068
de Wijs, H., 379
Wild, G. O., 114
Wilde, H., 78
Wilgerodt, C., 67
Williams, 946
Williams, R. J., 973
Willard, H. H., 932-933-935
Wilson, A S., 534
Wilson C. L.,, 499-500
Wilson, G. C., 1044
Wilson, K. B., 500
Wilson, R., 375
Wilska, S., 885
Winans, J. G., 883
von Windbush, S., 784
Winkler, C., 74-83
Wlodawetz, N. I., 938
Wold, A., 963
Wolf, L., 1019
Wolff, G., 718
Wong, R., 781-807
Wood, A. J., 958-964
Woodhead, J. L , 964
Woodward, L. L., 366
Work, R. W., 219
Wrigge, F. W., 916-918-956
Wyckoff, P., 1069
Wyrouboff, G., 83

Y

Yagoda, H., 922
Yntema, L., 504

Z

Zachariasen, W. H., 546
Zaffarano, D. Z., 361
Zarowski, I., 134
v. Zeerleder, A., 237
Zelikoff, M., 1069
Zeltzer, S., 984
Zenghelis, C., 123
Zeumer, H., 404-406
Zimmermann, W., 252
Zintl, E., 289-525-597-602
Zittel, H. E , 1014
Zivadinovic, R. D., 682

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Avant-propos 7

Ire partie : **Documentation** 11

IIe partie : **Dosage du gallium** 15

Chapitre I Méthodes proposées 17

Chapitre II Choix d'une méthode 19

Chapitre III Séparation du gallium, par extraction de son chlorure par l'éther 20

Chapitre IV Dosage gravimétrique du gallium, au moyen de la 5,7 dibromo 8 hydroxyquinoléine 23

Chapitre V Mode opératoire général 25

Chapitre VI Essais 28

IIIe partie : **Recherches menées en vue de l'extraction du gallium** . . 35

Chapitre I Premières recherches 37

Chapitre II Premiers essais d'électrolyse 39

Chapitre III Etude préliminaire expérimentale 43

Chapitre IV Etude rationnelle des diverses variables . . . 53

Chapitre V Obtention du gallium métallique et observations complémentaires 66

Conclusions générales 71

Index bibliographique 77

Tables :

Table alphabétique des noms d'auteurs 137

Table des matières 149

VU ET APPROUVÉ :

Marseille, le 15 juin 1955.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

P. CHOUX.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Aix, le 20 juin 1955.

Le Recteur,
Président du Conseil de l'Université,

J. BLACHE.

IMPRIMÉ EN SUISSE